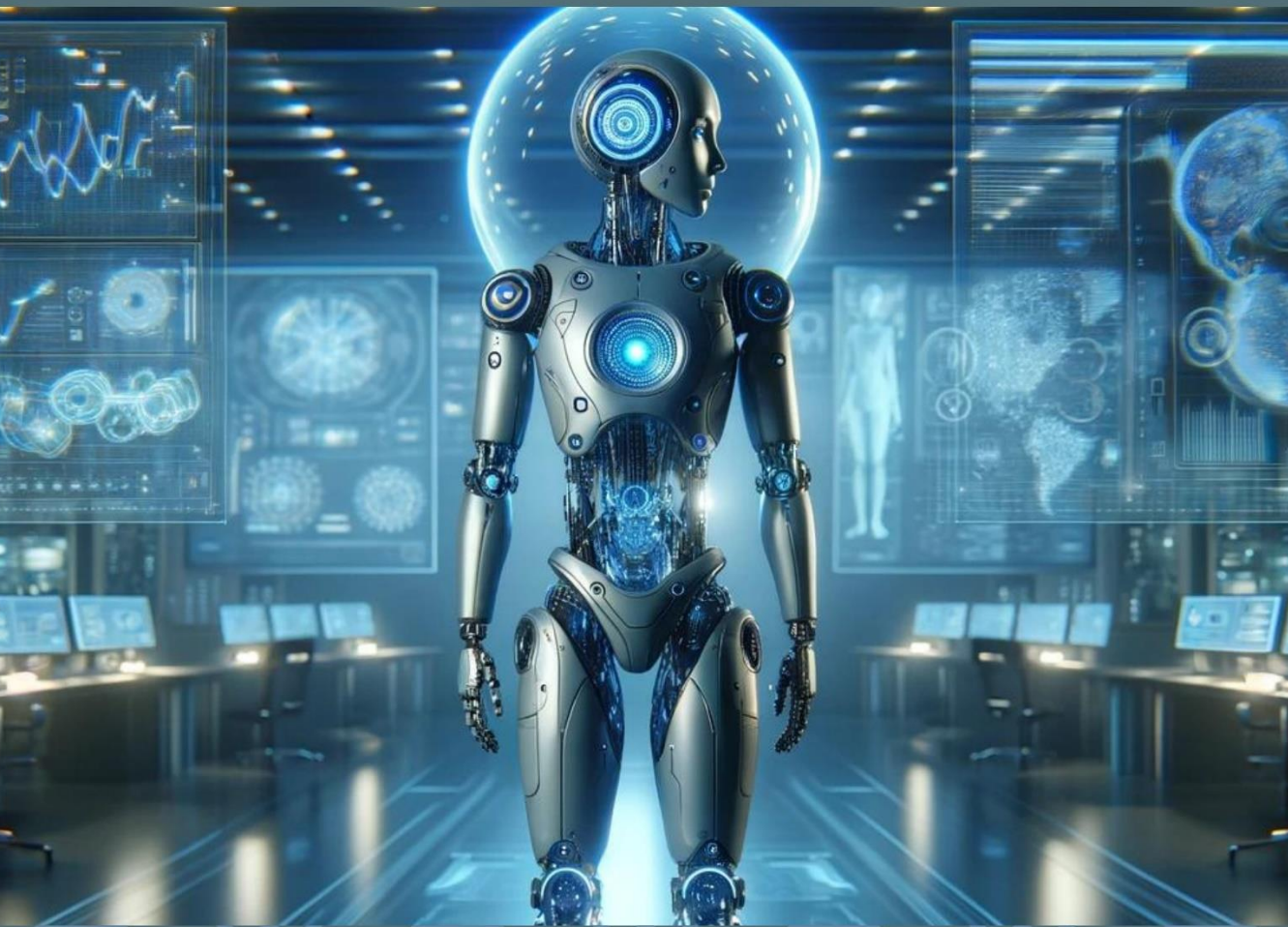


Editor
Muhammad Subhan Hamka
Waode Munaeni



ARTIFICIAL INTELLIGENCE :

A Comprehensive Guide to Modern AI



**Abdillah Munawir, La Ode Muhammad Rauda Agus Udaya Manarfa,
Naili Suri Intizhami, Mardhiyyah Rafrin, Eka Qadri Nuranti,
Fahmy Ferdian Dalimarta, Iis Hamsir Ayub Wahab,
Cindy Puspitafuri, La Ode Mahmud, Nur Ikhsan**

Artificial Intelligence: A Comprehensive Guide to Modern AI

Penulis

Abdillah Munawir
La Ode Muhammad Rauda Agus Udaya Manarfa
Naili Suri Intizhami
Mardhiyyah Rafrin
Eka Qadri Nuranti
Fahmy Ferdian Dalimarta
Iis Hamsir Ayub Wahab
Cindy Puspitafuri
La Ode Mahmud
Nur Ikhsan

Editor

Muhammad Subhan Hamka
Waode Munaeni



PENERBIT
PT. KAMIYA JAYA AQUATIC

Artificial Intelligence: A Comprehensive Guide to Modern AI

Penulis : Abdillah Munawir, La Ode Muhammad Rauda Agus Udaya Manarfa,
Naili Suri Intizhami, Mardhiyyah Rafrin, Eka Qadri Nuranti,
Fahmy Ferdian Dalimarta, Iis Hamsir Ayub Wahab,
Cindy Puspitafuri, La Ode Mahmud, Nur Ikhsan

Editor : Muhammad Subhan Hamka, Waode Munaeni

ISBN : 978-623-10-0914-2 (PDF)

Desain Sampul dan Tata Letak : Faisal Alimaturahim

Penerbit :
PT. Kamiya Jaya Aquatic

Anggota IKAPI No. 001/MALUKUUTARA/2024

Redaksi :
RT 008 RW 003 Kelurahan Fitu, Kecamatan Ternate Selatan,
Kota Ternate, Maluku Utara
Telp. : 0812-2279-3284
Email : kamiyajayaaquatic@gmail.com
Website : <https://kjaquatic.com/>

Distributor :
PT. Kamiya Jaya Aquatic

Cetakan Pertama : Juni 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dalam dunia yang semakin terkoneksi secara digital, kecerdasan buatan atau Artificial Intelligence (AI) telah menjadi titik fokus utama dalam transformasi teknologi. Buku ini, "Artificial Intelligence: A Comprehensive Guide to Modern AI", hadir sebagai panduan komprehensif yang membawa pembaca melintasi landasan dasar hingga aplikasi canggih AI yang mendefinisikan era modern. Dengan pengantar yang mendalam, buku ini menggali akar sejarah perkembangan AI, dari konsepsi awalnya hingga kemajuan terkini. Pembaca diajak untuk memahami konsep-konsep dasar AI dan evolusi teknologi melalui waktu, membentuk landasan pemahaman yang kuat untuk pemahaman lebih lanjut. Buku ini juga membahas teknologi kunci seperti neural networks dan deep learning yang memungkinkan AI untuk belajar dari data. Konsep-konsep ini dijelaskan dengan cara yang mudah dipahami, memungkinkan pembaca untuk menangkap esensi dari kemajuan-kemajuan terbaru dalam bidang ini.

Algoritma pencarian heuristik juga diperkenalkan sebagai pendekatan penting dalam menyelesaikan masalah kompleks secara efisien. Pengolahan bahasa alami dan penglihatan komputer, dua bidang penting dalam AI, diperinci dengan jelas untuk mengungkap bagaimana AI dapat berinteraksi dengan dunia sekitarnya dengan cara yang semakin menyerupai manusia. Sementara itu, aplikasi AI dalam robotik menjadi fokus, memperlihatkan bagaimana kecerdasan buatan meresap ke dalam berbagai aspek kehidupan kita, dari industri hingga rumah tangga. Dengan demikian, "Artificial Intelligence: A Comprehensive Guide to Modern AI" menjadi panduan esensial bagi siapa pun yang ingin memahami dan mengikuti perjalanan luar biasa AI dalam mengubah dunia kita.

Salam,

Editor

PRAKATA

Kepada Para Pembaca yang Tercinta,

Kami dengan bangga mempersembahkan buku dengan judul "Artificial Intelligence: A Comprehensive Guide to Modern AI", sebuah panduan komprehensif yang menggali jauh ke dalam dunia yang menarik dan terus berkembang dari kecerdasan buatan. Buku ini tidak hanya menawarkan pemahaman mendalam tentang konsep-konsep dasar AI, tetapi juga mengupas aplikasi canggih yang mengubah cara kita berinteraksi dengan teknologi dan dunia sekitar.

Dalam buku ini, kami membawa Anda dalam perjalanan melalui sejarah perkembangan AI, dari titik awalnya hingga ke masa kini. Kami menguraikan evolusi teknologi ini dari konsep sederhana hingga menjadi salah satu kekuatan pendorong utama di era digital. Selanjutnya, pembahasan tentang neural networks dan deep learning mengantarkan Anda lebih jauh ke dalam inti dari kemajuan AI modern. Dengan bahasa yang mudah dipahami, kami menjelaskan bagaimana teknologi ini memungkinkan komputer untuk belajar dari data, menyesuaikan diri, dan bahkan mengambil keputusan yang semakin kompleks. Tidak hanya itu, buku ini juga membahas algoritma pencarian heuristik yang menjadi pondasi dari berbagai aplikasi AI, serta pengolahan bahasa alami dan penglihatan komputer yang memungkinkan mesin untuk memahami dan berkomunikasi dengan kita melalui kata-kata dan gambar.

Buku ini juga mengungkap bagaimana kecerdasan buatan telah meresap ke dalam dunia robotik, mengubah cara kita bekerja dan berinteraksi dengan teknologi di sekitar kita. Oleh karena itu, buku ini tidak mengabaikan aspek etika dalam pengembangan dan penerapan AI, serta tantangan dan isu-isu yang perlu diatasi dalam menghadapi masa depan yang semakin terintegrasi dengan AI. Dengan harapan bahwa buku ini akan memperluas pemahaman Anda tentang AI, kami dengan senang hati menyampaikan karya ini kepada Anda.

Selamat membaca!

Salam,

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
Bab 1. PENGANTAR ARTIFICIAL INTELLIGENCE	
1.1 Artificial Intelligence.....	1
1.2 Sejarah Singkat Artificial Intelligence	8
1.3 Perkembangan Terkini dalam Bidang Artificial Intelligence.....	10
1.4 Konsep Dasar Artificial Intelligence	12
1.5 Perbedaan Antara AI Kuat dan AI Lemah	13
Bab 2. SEJARAH PERKEMBANGAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE	
2.1 Pendahuluan.....	18
2.2 Perkembangan Awal AI	20
2.3 Pertumbuhan dan Tantangan (1950-an - 1980-an).....	23
2.4 Pemulihan dan Perkembangan Lanjutan (1980-an - 2000-an)	25
2.5 Revival AI dan Deep Learning (2010-an - Sekarang)	27
2.6 Tantangan dan Masa Depan AI.....	30
Bab 3. NEURAL NETWORKS DAN DEEP LEARNING	
3.1 Pendahuluan.....	33
3.2 Dasar-Dasar Neural Networks	35
3.3 Convolutional Neural Network (CNN).....	38
3.4 Deep Learning dan Perbandingannya dengan Machine Learning.....	42
3.5 Penelitian Neural Network dan Deep Learning Saat Ini	44
Bab 4. ALGORITMA Pencarian Heuristik	
4.1 Taksonomi Algoritma Metaheuristik.....	48
4.2 Penerapan Algoritma Metaheuristik.....	53
4.3 Kesimpulan	56
Bab 5. PENGOLAHAN BAHASA ALAMI (NATURAL LANGUAGE PROCESSING)	

5.1 Pengantar Pemrosesan Bahasa Alami.....	57
5.2 Tugas yang dapat diselesaikan dengan NLP.....	59
5.3 Tahapan NLP pada Kecerdasan Buatan	65
Bab 6. PENGLIHATAN KOMPUTER (COMPUTER VISION)	
6.1 Pengantar Penglihatan Komputer	70
6.2 Konsep dan Teknologi Utama	72
6.3 Penerapan Penglihatan Komputer	76
6.4 Tantangan dan Keterbatasan	80
6.5 Kesimpulan	86
Bab 7. ARTIFICIAL INTELLIGENCE DI ROBOTIK	
7.1 Pendahuluan.....	88
7.2 Komponen Utama dalam Sistem Robotik yang Menggunakan AI.	92
7.3 Perkembangan Terkini dan Tren di Bidang AI dalam Robotik.....	101
Bab 8. ETIKA DALAM ARTIFICIAL INTELLIGENCE	
8.1 Prinsip Etika dalam Artificial Intelligence	106
8.2 Isu Etika Artificial Intelligence	109
Bab 9. TANTANGAN DAN ISU-ISU DALAM ARTIFICIAL INTELLIGENCE	
9.1 Pendahuluan.....	122
9.2 Privasi dan Keamanan Data.....	123
9.3 Distrupsi Ketenagakerjaan.....	133
9.4 Ketergantungan Pada Teknologi.....	137
Bab 10. MASA DEPAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE	
10.1 Perkembangan Terbaru dalam Kecerdasan Buatan	143
10.2 Dampak Potensial AI terhadap Dunia Kerja.....	144
10.3 Etika dan Tanggung Jawab dalam Pengembangan AI ...	146
10.4 Integrasi AI dalam Kehidupan Sehari-hari.....	148
10.5 Dampak Potensial AI terhadap Dunia Kerja.....	150
DAFTAR PUSTAKA	204
BIODATA PENULIS	234

DAFTAR TABEL

5.1	Daftar imbuhan dalam Bahasa Indonesia	67
7.2	Target konsumsi, kebutuhan, dan penyediaan ikan 2020-2024	92
7.3	Solusi menyediakan ketersediaan pangan nasional.....	93

DAFTAR GAMBAR

1.1	Pembagian kerja organ indera ke informasi lapisan neuron.....	3
2.1	Sistem Artificial Intelligence Kuat dan Lemah	14
3.1	Ilustrasi struktur neural networks.....	37
3.2	Contoh operasi konvolusi.....	39
3.3	Ilustrasi arsitektur CNN	40
3.4	Ilustrasi penambahan 1 padding disetiap piksel tepi dari sebuah gambar input.....	41
3.5	Ilustrasi pipeline machine learning dan deep learning.....	43
3.6	Hasil segmentasi semantik pada salah satu citra banjir menggunakan model CNN yang diusulkan	44
3.7	Contoh gambar asli dan gambar yang telah dianotasi	45
3.8	Contoh gambar asli dan gambar hasil teknik augmentasi yang diusulkan	46
4.1	Taksonomi algoritma meta heuristic berdasarkan sumber inspirasi.....	50
4.2	Taksonomi algoritma meta heuristic berdasarkan populasi	53
5.1	Keberadaan NLP dalam bidang ilmu kecerdasan buatan.....	58
5.2	Contoh cara kerja text generation model.....	62
5.3	Alur kerja dari sistem perolehan informasi.....	63
5.4	Alur kerja dari sistem perolehan informasi.....	65
5.5	Tahapan-tahapan NLP	66
7.1	Rangkaian robot yang dilengkapi modul kamera Raspberry (A), bagian (B) merupakan accu, bagian (C) merupakan rangkaian pembagi tegangan, bagian (D) merupakan kabel konektor 15 pin I/O, dan bagian (E) merupakan modul Raspberry Pi.....	90
7.2	Prinsip kerja sensor ultrasonik.....	93
7.3	Prinsip kerja Lidar	93
7.4	Sistem pemetaan kota berbasis foto udara yang dikombinasikan dengan teknologi LiDAR.....	94
7.5	Aktuator Shape Memory Alloy (SMA)	96
10.1	Perkembangan Kecerdasan Buatan.....	143
10.2	Dampak AI terhadap Dunia Kerja	145
10.3	Etika dan Tanggung Jawab dalam Pengembangan AI	147
10.4	Integrasi AI dalam Kehidupan Sehari-hari.....	149
10.5	Peluang dan Tantangan AI di Masa Depan	151

Bab 1

PENGANTAR *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*

1.1 *Artificial Intelligence*

Kecerdasan Buatan dikenal dengan *Artificial Intelligent* (AI) adalah bidang pengetahuan komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin atau sistem dapat melakukan hal-hal yang membutuhkan kecerdasan manusia (Grewal, 2014; Karyadi, 2023). Tujuan utama AI adalah untuk meningkatkan fungsi algoritma dan model system komputer dengan kemampuan belajar menggunakan data, dengan pemahaman konteks, mengambil keputusan, dan proses penyelesaian masalah dengan mandiri, mirip dengan kemampuan manusia (Kharis & Zili, 2022).

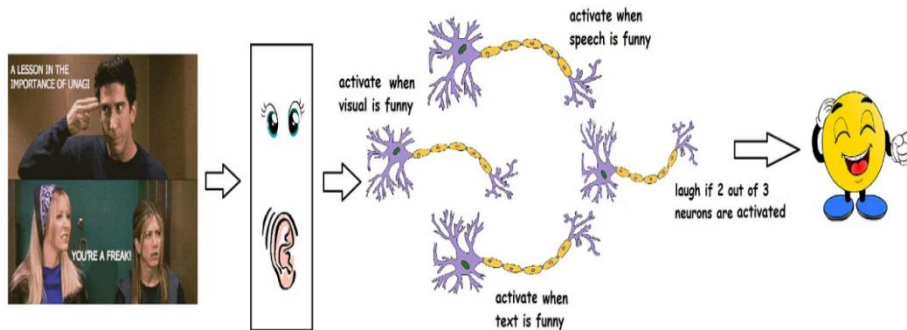
Secara umum, AI mencakup berbagai teknik dan pendekatan untuk menciptakan kecerdasan buatan, termasuk *machine learning*, *deep learning*, *neural networks*, *natural language processing* (NLP), *computer vision*, dan banyak lagi (Harumy et al., 2024). Meskipun AI sering dihubungkan dengan komputer, konsepnya juga dapat diterapkan pada perangkat non-komputer, seperti robot, kendaraan otonom, dan perangkat pintar lainnya. Tujuan utama pengembangan AI adalah untuk meningkatkan kualitas hidup manusia, produktivitas, dan efisiensi, dengan cara-cara seperti:

- a) Otomatisasi tugas-tugas yang berulang dan monoton.
- b) Memutuskan kebijakan yang lebih efisien dan cepat berdasarkan analisis data yang menyeluruh.
- c) Penyediaan solusi untuk masalah kompleks yang sulit atau bahkan tidak dapat dipecahkan dengan metode konvensional.
- d) Meningkatkan pemahaman manusia tentang dunia sekitarnya melalui analisis data yang besar dan kompleks.

- e) Membantu dalam pengembangan teknologi-teknologi baru, seperti kendaraan otonom, perangkat medis cerdas, dan banyak lagi.

Peristiwa berkembangnya *Artificial Intelligence* berawal pada tahun 1943 Warren S. McCulloch dan Walter Pitts dari *University of Illinois* dan *University of Chicago* telah mengusulkan contoh matematis yang dinamakan dengan saraf tiruan atau perceptron yang berasal dari suatu neuron di dalam otak yang dikenal dengan judul 'A Logical Calculus of The Ideas Immanent in Nerveous Activity', hasil publikasi tersebut sudah memberikan pemahaman bagaimana cara suatu neuron itu dapat menjadi aktif seperti saklar on dan off, dimana neuron yang telah dimodifikasi tersebut dapat membuat belajar dan menyampaikan suatu aksi yang tidak sinkron terhadap inputan yang sudah diberikan. Pada dasarnya, sebuah neuron mengambil sinyal masukan atau dendrit, memprosesnya seperti CPU, dan kemudian mengirimkan keluaran melalui struktur seperti kabel ke neuron lain yang terhubung. Meskipun ini mungkin tidak akurat secara biologis karena banyak hal yang tidak terpenuhi, proses yang dilakukan neuron di otak kita pada tingkat yang lebih tinggi adalah mengambil masukan, memprosesnya, dan mengeluarkan keluaran.

Neuron menerima informasi suara dan visual dari organ indera kita untuk berinteraksi dengan dunia luar. Katakanlah Anda sedang menonton beberapa teman. Sekarang informasi yang diterima otak Anda diambil oleh kumpulan neuron "tertawa atau tidak" yang akan membantu Anda membuat keputusan apakah akan tertawa atau tidak. Setiap neuron diaktifkan atau dinonaktifkan hanya jika kriterianya akan terpenuhi secara lebih lanjut nantinya seperti yang ditunjukkan **Gambar 1.1** di bawah ini:



Gambar 1.1 Pembagian kerja organ indera ke informasi lapisan neuron
(Sumber: <https://towardsdatascience.com/mcculloch-pitts-model-5fdf65ac5dd1>, 2024)

Dari **Gambar 1.1** menunjukkan organ indera mengirimkan data ke lapisan neuron pertama atau terbawah untuk diproses. Adapun keluaran dari proses tersebut dapat dialirkan ke lapisan berikutnya secara bertingkat, sebagian neuron mulai aktif dan sebagian lagi tidak aktif dan proses ini berlanjut hingga menghasilkan respons akhir berupa 'tawa'. Hasil ini menciptakan secara besar-besaran jaringan paralel sehingga dapat memastikan adanya pembagian kerja. Seperti yang ditunjukkan di bawah ini, setiap neuron hanya aktif ketika kriteria yang diinginkan terpenuhi, yang berarti mereka dapat melakukan fungsi tertentu terhadap stimulus tertentu. Neuron dianggap disusun secara hierarkis, tetapi para ilmuwan mengusulkan banyak alternatif yang dapat dipercaya berdasarkan bukti eksperimental. Setiap lapisan memiliki tugas dan tanggung jawabnya sendiri. Otak dapat menggunakan seluruh jaringan daripada satu lapisan untuk mendeteksi wajah.

Susunan syaraf manusia dapat menunjukkan bahwa setiap sel syaraf (neuron) memiliki satu inti sel yang dapat diganti untuk melanjutkan penyelesaian laporan. Selanjutnya, laporan yang datang akan disampaikan ke dendrit. Selain bertugas untuk memperoleh laporan, dendrit pun juga bertugas untuk mengiringi axon sebagai output dari pemrosesan laporan. Setelah diolah, laporan akan menjadi input untuk neuron yang lain dimana antar dendrit kedua sel tersebut akan diperhadapkan dengan synapsis. Laporan yang telah dialokasikan antar neuron yang berupa dorongan yang nantinya akan dilewatkan melintasi

dendrit. Informasi yang merapat dan yang telah disetujui oleh dendrit selanjutnya akan diperhitungkan dan dialokasikan melalui axon ke dendrit akhir yang dapat terjalin dengan dendrit dari neuron yang lain. Jika neuron lain dianggap telah merangkum batasan tertentu, biasanya disebut nilai ambang atau batas threshold (θ), maka neuron lain akan menyetujui data ini. Karya Warren McCulloch dan Walter Pitts berhasil menyampaikan pondasi kuat buat inspirasi neural networks yang sangat genting bagi perkembangan *Artificial Intelligence*, bahkan ketika kita memantau *Artificial Intelligence* serta *Machine Learning* di zaman sekarang, inspirasi dasarnya tetaplah pada neural networks. Fungsi dari *Neural Network* diantaranya antara lain pengkategorian pola, berguna untuk menyimpan pola yang nantinya akan dipanggil lagi, mengkategorikan pola yang sejenis, mengkategorikan pola yang didapat dari input ke dalam pola baru pada output, pengoptimasi permasalahan, dan berfungsi sebagai prediksi.

Selanjutnya, pada tahun 1950 lahirlah sumbangan terbesar di bidang *Artificial Intelligence* (AI), hal ini bermula dengan adanya jurnal atau paper yang dilakukan oleh seorang peneliti cerdas yang bernama Alan Turing. Pada tahun tersebut, Alan Turing berusaha menjawab pertanyaan "Apakah komputer berpikir?". Dengan adanya pertanyaan yang muncul dalam benak Alan Turing tersebut, maka ia menciptakan alat atau mesin yang dinamakan dengan "Turing". Alat ini cakap dalam mengerjakan sekumpulan kewajiban yang wajar. Alat ini juga dapat menjadi suatu alat untuk mengubah serta memanipulasi simbol abstrak dasar. Didalam jurnal yang bertepatan "Computing Machinery and Intelligence" dapat mendiskusikan suatu syarat sebuah mesin yang dianggap cerdas, sehingga beranggapan bahwa suatu mesin dapat dengan sukses berperilaku dan berpikir seperti halnya manusia, sehingga dapat menganggap mesin itu cerdas. Sebetulnya saat itu telah tersedia tim yang sedang berusaha memecahkan kode atau ciri dari Enigma, tetapi belum dapat mengalahkan kode tersebut karena terdapat jutaan angka yang terintegrasi pada kode Enigma yang mengurutkan beberapa bilangan per bilangan. Sementara itu, mereka menggunakan algoritma rule force yang diyakini mereka untuk menjumpai jalan keluar dari sebuah persoalan dengan cara memeriksa segala peluang dan campuran

yang ada. Hingga akhirnya ia mempunyai sebuah penlikiran yang menjadi suatu quote: "Otak dilawan dengan otak, mesin dilawan/dilakukan pun dengan mesin".

Alan Turing pada tahun 1950 berhasil mempublikasikan makalahnya yang terkenal, "Computing Machinery and Intelligence", di mana ia merumuskan konsep Tes Turing untuk mengukur kecerdasan mesin. Turing juga membahas ide komputasi dan kecerdasan buatan yang menjadi dasar bagi perkembangan AI, sebagai seorang yang pakar di bidang matematika, beliau merupakan seorang berkebangsaan Inggris serta dijuluki bapak komputer terbaru dan mencetuskan definisi *Artificial Intelligence*. Pada tahun 1950-pula, Turing Test diperkenalkan Alan Turing yang merupakan sebuah pemeriksaan ulang untuk membuktikan kepintaran dari alat atau mesin. Setelah itu, Alan Turing mengembangkan ide Universal Turing Machine yang telah menjadi ide penting dalam peningkatan komputer. Hingga saat ini, kita masih sering menggunakan kalimat Universal Turing Machine dan Turing Test dalam ilmu komputer dan *Artificial intelligence*.

Pada tahun 1955 beberapa ilmuwan Allen, Cliff dan Herbert berhasil meningkatkan program computer yang diberikan label "logic theorist" dibantu dengan pendanaan dari RAND Corporation. Pada tahun 1956 diselenggarakan Dartmouth Conference, konferensi Dartmouth dianggap sebagai titik awal resmi dari bidang AI. Pada konferensi ini, istilah "Artificial Intelligence" pertama kali digunakan dan para peserta berdiskusi tentang bagaimana komputer dapat "mengajari" untuk melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Perkembangan AI didasarkan oleh pernyataan Alan Turing yang mendorong para ilmuwan muda saat itu percaya dan membuat terobosan membuat mesin yang dapat menyamai kepintaran manusia, akhirnya pada tahun 1956 tersebut John Mc Carthy meluncurkan suatu program AI Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (DSRPAI). Namun project ini ternyata tidak lantas sesuai dengan rencana awal, dikarenakan kurangnya komitmen dari beberapa peneliti yang telah terlibat. Peningkatan di bidang AI di waktu itu cenderung lebih usang, tetapi dari project ini bisa membuka kesempatan

AI sampai bisa berkembang seperti saat ini. pada saat itu juga, AI secara resmi sudah menghasilkan suatu bidang studi.

Sesudah munculnya Logic Theorist tadi, AI pun masih terus berlanjut mengalami kemajuan yang semakin cepat. Pada tahun 1956 - 1974 inilah AI mengalami kemajuan semakin cepat dikarenakan komputer semakin murah dan pemodalannya untuk riset di bidang teknologi komputer semakin besar. Hampir semua orang yang mempunyai sangkaan tinggi terhadap AI ini. Bahkan, Marvin Minsky pada tahun 1970 telah mengatakan bahwa "Tiga sampai delapan tahun kedepan, kita akan mempunyai alat atau mesin dengan kepintaran layaknya manusia pada umumnya".

Pada kurang lebih tahun 1980-an, John H. dan David R. telah melansir prosedur pemecahan Deep Learning yang waktu ini sudah banyak dimanfaatkan. Beliau pun dikenal menggunakan invensi model neural networks yang saat ini kita ketahui menjadi Hopfield Network, seorang ilmuwan lain yang bernama Edward Feigenbaum menginformasikan Expert System yang merupakan suatu kegiatan personal komputer yang menerima pelatihan oleh orang - orang yang expert di suatu bidang sebagai akibatnya program tersebut bisa memberikan saran kedepan khalayak umum. Di dunia industri saat ini telah banyak menggunakan expert system ini.

Pada tahun 1987 - 1993, terjadi kembali AI Winter yang datangnya beriringan dengan serangan global pasar beberapa kategori komputer dan berkurangnya modal dari pemerintah. Selepas adanya AI Winter, sekitar tahun 1997 diperoleh perangkuan yang sangat dahsyat. Perangkuan ini sangat rentan ditentukan oleh kemampuan komputer yang sudah melonjak berasal dari sebelumnya. Bahkan, daya komputer yang mengalami peningkatan setara menggunakan aturan moore yang mana hal tersebut pernah kita rasakan hingga saat ini. Pencapaian yang dimaksudkan adalah kegemilangan program computer kreasi dari perusahaan IBM yang diberikan nama Deep Blue. Deep Blue adalah sebuah sistem komputer catur yang dikembangkan oleh IBM. Ini adalah salah satu pencapaian besar dalam sejarah komputasi dan kecerdasan buatan. Deep Blue terkenal karena berhasil mengalahkan juara dunia

catur saat itu, Garry Kasparov, dalam pertandingan catur pada tahun 1997. Deep Blue dikembangkan oleh tim insinyur dan peneliti di IBM, dipimpin oleh Feng-hsiung Hsu, Thomas Anantharaman, dan Murray Campbell. Proyek tersebut dimulai pada tahun 1985 dengan tujuan mengembangkan komputer catur yang mampu bersaing dengan pemain catur manusia terbaik di dunia. Deep Blue menggunakan sejumlah teknologi canggih pada masanya, termasuk prosesor khusus yang dirancang untuk mempercepat perhitungan dan analisis posisi catur. Ini adalah kombinasi dari perangkat keras khusus dan perangkat lunak yang kompleks untuk melakukan evaluasi posisi dan membuat keputusan. Pada tahun 1996, Deep Blue pertama kali bersaing melawan Garry Kasparov, juara dunia catur saat itu, dalam sebuah pertandingan yang disiarkan luas. Kasparov memenangkan pertandingan tersebut dengan skor 4-2. Namun, pada tahun 1997, Deep Blue mengalahkan Kasparov dalam pertandingan ulang dengan skor 3,5-2,5. Kemenangan ini merupakan tonggak sejarah dalam perkembangan AI dan menarik perhatian dunia terhadap kemampuan komputer dalam bermain catur.

Kemenangan Deep Blue atas Kasparov menandai titik balik penting dalam sejarah kecerdasan buatan, menunjukkan bahwa komputer bisa mengungguli pemain catur manusia terbaik. Ini menginspirasi perkembangan lebih lanjut dalam komputasi dan AI, serta membuka jalan bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang mesin cerdas dan komputasi berbasis permainan.

Perkembangan dalam komputasi, termasuk peningkatan daya komputasi dan kapasitas penyimpanan, bersama dengan akses yang lebih besar ke data melalui internet, memicu revolusi baru dalam AI. Perusahaan besar mulai menggunakan teknik pembelajaran mesin untuk menganalisis data besar-besaran mereka.

Pada tahun 2010, IA berkembang dengan system Deep Learning. Deep learning merupakan sub-bidang dari machine learning yang menggunakan neural networks dengan banyak lapisan untuk mempelajari representasi data yang semakin kompleks, menjadi fokus utama dalam AI. Pada bidang seperti pemrosesan bahasa alami,

pengenalan suara, dan pengenalan wajah telah berkembang pesat sebagai hasil dari kemajuan dalam deep learning.

AI terus mengalami perkembangan cepat di berbagai bidang, termasuk kesehatan, transportasi, keuangan, dan industri lainnya. Teknologi AI semakin diintegrasikan ke dalam produk-produk konsumen, seperti asisten virtual dan mobil otonom. Selain itu, perhatian terhadap etika dan dampak sosial dari AI juga semakin meningkat.

Dengan demikian, perjalanan AI dari masa awalnya hingga saat ini telah melibatkan banyak peristiwa penting, perkembangan teknologi, dan perubahan paradigma dalam cara kita memahami dan menerapkan kecerdasan buatan.

1.2 Sejarah Singkat *Artificial Intelligence*

Artificial Intelligence atau AI yang merupakan kecerdasan buatan pertama kali muncul pada awal abad ke-20, terutama dalam karya-karya fiksi ilmiah seperti cerita-cerita Isaac Asimov tentang robotika (Osawa et al, 2022; Geraci, 2007). Pada tahun 1950, Alan Turing mengajukan pertanyaan fundamental tentang apakah mesin dapat berpikir seperti manusia dan merancang Tes Turing sebagai upaya untuk mengukur kecerdasan mesin (Shieber, 2004; Turing, 2009). Perkembangan AI sebagai bidang studi ilmiah dimulai pada Konferensi Dartmouth pada tahun 1956, yang diprakarsai oleh John McCarthy, Marvin Minsky, dan para ilmuwan lainnya. Hasil konferensi ini merupakan tonggak awal resmi bagi Artificial Intelligent sebagai disiplin ilmu. Pada tahun 1950-an dan 1960-an, berbagai pendekatan awal dalam AI dikembangkan, termasuk logika simbolis, pemrosesan bahasa alami, dan pemecahan masalah. Proyek-proyek seperti Logic Theorist, General Problem Solver, dan perceptron (model neural network awal) merupakan contoh penting dari perkembangan ini. Pada tahun 1970-an, kemajuan dalam AI terhambat oleh keterbatasan komputasi dan pendekatan yang terlalu optimis terhadap kecerdasan buatan. Ini mengakibatkan periode yang dikenal sebagai "Musim Dingin AI," di mana minat dan dana untuk penelitian AI menurun. Pada akhir 1980-an dan 1990-an, minat terhadap AI mulai bangkit kembali, didorong oleh kemajuan dalam teknologi komputer dan pendekatan baru seperti koneksionisme (neural networks) dan teknik

statistik. Perkembangan komputer yang cepat, ketersediaan data besar, dan kemajuan dalam machine learning dan deep learning telah menghasilkan perkembangan signifikan dalam AI sejak awal abad ke-21. Teknologi AI telah mengubah banyak aspek kehidupan manusia, termasuk komunikasi, transportasi, kesehatan, keuangan, dan banyak lagi.

Meskipun demikian, AI juga menghadapi tantangan serius, termasuk masalah etika, keamanan, dan dampaknya terhadap pekerjaan manusia. Namun, sejarah AI menunjukkan bahwa bidang ini terus berkembang dan memiliki potensi besar dapat menjadi energi serta membantu secara positif pada masyarakat.

Artificial Intelligence (AI) memiliki beberapa cabang yang mencakup berbagai bidang dan pendekatan dalam menciptakan kecerdasan buatan. Berikut adalah beberapa cabang utama dari AI:

1. *Machine Learning*: Seperti yang kita bahas sebelumnya, machine learning adalah cabang AI yang fokus pada pengembangan algoritma yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data.
2. *Deep Learning*: Ini adalah sub-bidang dari machine learning yang menggunakan neural networks dengan banyak lapisan untuk mempelajari representasi data yang semakin kompleks. Deep learning telah menghasilkan kemajuan signifikan dalam pengolahan citra, pengenalan suara, dan pemrosesan bahasa alami.
3. *Computer Vision* (Visi Komputer): Ini adalah cabang AI yang berfokus pada pengembangan teknologi untuk memungkinkan komputer "melihat" dan memahami dunia visual. Ini mencakup pengenalan objek, deteksi wajah, pengenalan pola, dan banyak lagi.
4. *Natural Language Processing* (Pemrosesan Bahasa Alami): NLP adalah cabang AI yang berfokus pada interaksi antara komputer dan bahasa manusia. Tujuannya adalah untuk memungkinkan komputer untuk memahami, menganalisis, dan menghasilkan teks dan ucapan manusia dengan cara yang alami.
5. *Robotics* (Robotika): Ini mencakup pengembangan robot yang dapat berinteraksi dengan dunia fisik dan manusia. Robotika AI melibatkan pembelajaran mesin, visi komputer, pemrosesan bahasa

alami, dan banyak lagi untuk mengembangkan robot yang cerdas dan otonom.

6. *Reinforcement Learning*: Ini adalah cabang dari machine learning di mana agen belajar untuk mengambil tindakan dalam lingkungan tertentu untuk mencapai tujuan tertentu. Ini sering digunakan dalam pengembangan sistem AI yang otonom dan adaptif.
7. *Expert Systems* (Sistem Pakar): Ini adalah sistem AI yang menggunakan pengetahuan yang dimasukkan manusia untuk memecahkan masalah dalam bidang spesifik. Sistem pakar mencoba untuk mereplikasi keahlian dan pengetahuan dari seorang ahli manusia dalam bidang tertentu.
8. *Knowledge Representation and Reasoning* (Representasi Pengetahuan dan Penalaran): Ini adalah cabang AI yang berkaitan dengan cara komputer merepresentasikan pengetahuan, baik eksplisit maupun implisit, dan menggunakan pengetahuan ini untuk membuat keputusan atau menarik kesimpulan.
9. *AI Ethics and Bias Mitigation* (Etika dan Pengurangan Bias AI): Ini adalah area yang berkembang pesat dalam AI yang berkaitan dengan pertanyaan etis seputar penggunaan dan pengembangan teknologi AI, serta upaya untuk mengurangi bias dalam sistem AI.
10. *Generative Adversarial Networks* (GANs): Ini adalah jenis arsitektur jaringan neural dalam deep learning yang terdiri dari dua jaringan neural yang bersaing satu sama lain. GAN digunakan untuk menghasilkan data baru yang terlihat autentik, seperti gambar, suara, atau teks.

1.3 Perkembangan Terkini dalam Bidang *Artificial Intelligence*

Perkembangan terkini dalam bidang *Artificial Intelligence* (AI) mencakup beberapa kemajuan signifikan dalam berbagai aspek, termasuk teknologi, penelitian, dan penerapan praktis. Berikut adalah beberapa contoh perkembangan terkini dalam bidang AI antara lain:

1. Peningkatan dalam Deep Learning menurut Wang et al. (2016): Deep learning, cabang dari machine learning yang menggunakan neural networks dengan banyak lapisan, terus mengalami perkembangan pesat. Terobosan baru dalam arsitektur jaringan,

algoritma pelatihan yang lebih efisien, dan penggunaan data yang lebih besar telah menghasilkan model-model deep learning yang lebih canggih dan akurat dalam berbagai tugas, seperti pengenalan gambar, pemrosesan bahasa alami, dan pengenalan suara.

2. Transformasi dalam Pengolahan Bahasa Alami (NLP) menurut Lano et al. (2020): Pengolahan bahasa alami telah menjadi bidang yang sangat aktif dalam AI, dengan kemajuan besar dalam pemahaman bahasa dan generasi teks. Model-model NLP yang diberdayakan oleh teknik-teknik deep learning, seperti transformer, telah mencapai tingkat kinerja yang mengesankan dalam tugas-tugas seperti terjemahan bahasa, pemahaman teks, dan generasi teks.
3. Kemajuan dalam Computer Vision menurut Ioannidou et al. (2017): Kemajuan dalam teknologi AI telah menghasilkan sistem penglihatan komputer yang semakin canggih dan dapat diandalkan. Model-model deep learning telah mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam pengenalan objek, deteksi wajah, segmentasi gambar, dan tugas-tugas lainnya dalam pengolahan citra.
4. Penerapan AI di Berbagai Industri menurut Rahmanifard & Plaksina (2019): AI telah semakin diterapkan di berbagai sektor industri, termasuk kesehatan, keuangan, manufaktur, transportasi, dan banyak lagi. Sistem-sistem AI digunakan untuk mendiagnosis penyakit, mengoptimalkan operasi bisnis, mengelola risiko keuangan, memprediksi permintaan pasar, dan memperbaiki efisiensi proses-produksi.
5. Kembalinya Minat dalam Kecerdasan Buatan Umum (AGI) menurut Rosca et al. (2020): Terdapat minat yang meningkat dalam pengembangan kecerdasan buatan umum (Artificial General Intelligence atau AGI), yaitu sistem AI yang memiliki kemampuan untuk memahami, belajar, dan menyelesaikan berbagai tugas secara serbaguna seperti manusia. Meskipun masih jauh dari realisasi, penelitian dan diskusi tentang AGI telah meningkat pesat dalam beberapa tahun terakhir.

6. Pertimbangan Etis dan Regulasi menurut Muzakir (2023): Seiring dengan kemajuan teknologi AI, juga ada peningkatan kesadaran tentang isu-isu etika dan keamanan yang terkait dengan penggunaan AI. Banyak negara dan organisasi telah memperkenalkan regulasi dan pedoman etis untuk mengatur pengembangan dan penerapan AI secara bertanggung jawab.

Perkembangan ini hanya merupakan sebagian kecil dari banyaknya kemajuan terkini dalam bidang AI. Dengan terus berkembangnya teknologi dan penelitian, AI diharapkan akan terus memberikan kontribusi signifikan bagi masyarakat di masa depan.

1.4 Konsep Dasar *Artificial Intelligence*

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) didukung beberapa konsep dasar yang mendasari. Adapun beberapa konsep utama *Artificial Intelligence* berkaitan dengan konsep dasar yang merujuk pada kemampuan mesin atau sistem komputer untuk melakukan tugas-tugas yang memerlukan kecerdasan manusia, seperti pemecahan masalah, pengambilan keputusan, pembelajaran, dan pemrosesan bahasa, sangat ditentukan oleh :

1. *Machine Learning*, yang merupakan cabang dari AI yang fokus pada pengembangan algoritma dan model komputer yang dapat belajar dari data tanpa adanya instruksi yang eksplisit. Ini mencakup pembelajaran supervisi, pembelajaran tanpa pengawasan, dan pembelajaran penguatan.
2. *Neural Networks* yang merupakan model matematis yang terinspirasi oleh struktur dan fungsi otak manusia. Mereka terdiri dari serangkaian neuron buatan yang saling terhubung dan dapat digunakan untuk memodelkan dan mengekstraksi pola kompleks dari data.
3. *Deep Learning* merupakan sub-bidang dari machine learning yang menggunakan neural networks dengan banyak lapisan (deep neural networks) untuk mengekstraksi fitur-fitur yang lebih abstrak dan kompleks dari data. Ini telah menjadi teknik yang sangat sukses dalam berbagai tugas AI, termasuk pengenalan gambar, pengolahan bahasa alami, dan penglihatan komputer.

4. Pemrosesan Bahasa Alami (NLP) merupakan cabang dari AI yang berfokus pada interaksi antara manusia dan komputer melalui bahasa alami. Tujuan utamanya adalah untuk memungkinkan komputer memahami, memproses, dan menghasilkan bahasa manusia dengan cara yang mirip dengan manusia.
5. *Computer Vision* merupakan cabang dari AI yang berkaitan dengan analisis dan pemahaman konten visual dari gambar dan video. Tujuan utamanya adalah untuk memungkinkan komputer untuk "melihat" dan memahami dunia sekitarnya dengan cara yang serupa dengan manusia.
6. Pengambilan Keputusan, pada konsep ini AI mencakup proses penggunaan informasi dan pengetahuan yang tersedia untuk memilih tindakan terbaik dari berbagai alternatif yang mungkin. Ini melibatkan pemodelan masalah, representasi pengetahuan, dan algoritma untuk memilih keputusan optimal.
7. Optimisasi merupakan konsep yang penting dalam AI yang melibatkan pencarian solusi terbaik dari berbagai kemungkinan. Ini sering digunakan dalam konteks machine learning untuk mengoptimalkan parameter-parameter model agar sesuai dengan data pelatihan dan mencapai kinerja yang optimal.

Konsep-konsep dasar ini merupakan fondasi bagi pengembangan dan pemahaman AI yang lebih lanjut, serta menjadi landasan untuk berbagai aplikasi dan teknologi AI yang ada saat ini.

1.5 Perbedaan Antara AI Kuat dan AI Lemah

AI memiliki berbagai tingkat kompleksitas, mulai dari sistem yang sederhana hingga yang sangat canggih. Beberapa contoh penerapan AI meliputi asisten virtual, kendaraan otonom, analisis data, pengenalan suara dan wajah, diagnosis medis, dan banyak lagi. Pada *Artificial Intelligence* terdapat dua jenis utama yang dikenal dengan *Weak AI* (AI lemah) dan *Strong AI* (AI Kuat).



Gambar 1.2 Sistem Artificial Intelligence Kuat dan Lemah
(Sumber : <https://julienflorkin.com/id/technology/artificial-intelligence/strong-ai/>, 2024)

Saat ini, kecerdasan buatan yang kuat berada di garis depan revolusi *Artificial Intelligence*. Dari algoritma pembelajaran mandiri hingga kecerdasan buatan yang dapat memahami emosi manusia, kita menyaksikan munculnya kecerdasan yang tidak hanya kuat tetapi juga canggih dan bernuansa ilmiah. Kecerdasan ini menjanjikan untuk meniru dan bahkan melampaui kemampuan kognitif manusia dalam beberapa hal. Pada dasarnya, kecerdasan buatan yang kuat adalah kombinasi penelitian dan teknik ilmu komputer canggih. Ini lebih dari sekedar menulis kode, akan tetapi tentang membuat arsitektur yang dapat beradaptasi, belajar, dan berpikir secara mandiri.

Perbedaan antara *Artificial Intelligence* (AI) kuat dan *Artificial Intelligence* (AI) lemah terletak pada kemampuan sistem AI untuk menyelesaikan berbagai jenis tugas dan memahami konteks secara luas. Berikut adalah perbedaan utama *Artificial Intelligence* antara (AI) kuat dan *Artificial Intelligence* (AI) pada beberapa sistem:

1. Kemampuan Tugas

AI Kuat: AI kuat memiliki kemampuan untuk menyelesaikan tugas-tugas yang memerlukan kecerdasan manusia di berbagai domain. Ini termasuk pemecahan masalah kompleks, pemahaman konteks yang

luas, dan kemampuan beradaptasi dengan lingkungan yang berubah. AI kuat dapat menghasilkan karya kreatif dalam berbagai bidang, seperti seni, sastra, atau musik, dengan memahami konsep abstrak dan konteks emosional. AI kuat dapat memiliki pemahaman tentang dirinya sendiri

AI Lemah: AI lemah memiliki kemampuan terbatas untuk menyelesaikan tugas-tugas yang sangat spesifik dan terbatas pada domain atau lingkungan tertentu. Mereka cenderung lebih terfokus pada tugas-tugas tunggal atau serangkaian tugas yang sama. Contohnya termasuk sistem deteksi wajah yang digunakan dalam kamera keamanan, atau asisten virtual yang membantu dalam pencarian informasi. Sistem rekomendasi di platform seperti Netflix atau Amazon merupakan contoh AI lemah yang menganalisis preferensi pengguna dan memberikan rekomendasi berdasarkan pola-pola yang teridentifikasi. Asisten virtual seperti Siri, Google Assistant, atau Amazon Alexa menggunakan teknologi AI untuk memahami dan merespons permintaan suara dan teks pengguna, tetapi mereka tidak memiliki pemahaman yang dalam tentang konteks atau makna dari apa yang mereka tangani.

2. Kemandirian

AI Kuat: AI kuat memiliki kemampuan untuk bekerja secara mandiri dan mengambil keputusan tanpa intervensi manusia. Mereka mampu menghadapi situasi yang tidak terduga dan menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan. Contoh misalnya, AI kuat yang digunakan dalam kendaraan otonom memiliki kemampuan untuk mengendalikan kendaraan tanpa bantuan manusia. Mereka dapat menavigasi rute, mengidentifikasi dan merespons situasi lalu lintas, dan membuat keputusan berkendara yang aman tanpa input manusia langsung.

AI Lemah: AI lemah sering memerlukan bimbingan atau pengawasan manusia dalam proses pengambilan keputusan. Mereka cenderung lebih tergantung pada aturan yang telah diprogramkan dan memerlukan lingkungan yang terstruktur. Contoh sistem rekomendasi di platform streaming seperti Netflix atau Spotify adalah contoh AI lemah. Meskipun mereka dapat menghasilkan rekomendasi berdasarkan analisis

data pengguna, mereka masih memerlukan input atau konfirmasi pengguna untuk menyetujui atau menolak rekomendasi tersebut.

3. Kemampuan Pembelajaran

AI Kuat: AI kuat memiliki kemampuan untuk belajar dari pengalaman dan mengembangkan pemahaman baru secara mandiri. Mereka dapat menyesuaikan model dan strategi mereka berdasarkan informasi baru yang mereka terima. Sebagai contoh, AI kuat dapat digunakan dalam robotika yang mempelajari cara berinteraksi dengan lingkungan fisiknya. Robot tersebut dapat belajar untuk menghindari rintangan, menyesuaikan gerakan mereka untuk mencapai tujuan tertentu, dan memperbaiki kinerja mereka seiring waktu berdasarkan pengalaman belajar.

AI Lemah: AI lemah memiliki kemampuan belajar yang lebih terbatas dan cenderung memerlukan proses pelatihan yang lebih terstruktur dan manual. Mereka tidak selalu mampu menyesuaikan model mereka dengan cepat berdasarkan data baru. Contoh sistem rekomendasi di platform e-commerce seperti Amazon belajar dari preferensi belanja pengguna dan pola pembelian sebelumnya untuk menyajikan rekomendasi produk yang relevan. Namun, mereka terbatas pada pembelajaran dari data historis dan tidak memiliki kemampuan untuk memperluas pengetahuan mereka secara mandiri.

4. Kesadaran Diri

AI Kuat: AI kuat memiliki kemampuan untuk memiliki kesadaran diri atau pemahaman tentang keberadaan mereka sendiri dan lingkungan sekitarnya. Mereka mungkin memiliki kemampuan untuk merasakan atau memahami konteks sosial dan emosional. Sebagai contoh, AI kuat yang digunakan dalam robotika memiliki tingkat kesadaran diri yang memungkinkannya untuk menyadari keberadaannya, memahami tujuannya, dan beradaptasi dengan lingkungan fisiknya dengan kesadaran akan dirinya dan lingkungannya.

AI Lemah: AI lemah tidak memiliki kesadaran diri dan cenderung bertindak berdasarkan aturan atau algoritma yang telah diprogramkan. Mereka tidak memiliki pemahaman tentang konteks sosial atau

emosional. Contoh misalnya, asisten virtual seperti Siri atau Alexa yang menyimpan data tentang preferensi pengguna atau riwayat interaksi mereka, tetapi mereka tidak memiliki pemahaman yang mendalam tentang diri mereka atau kesadaran akan lingkungan mereka.

Dengan demikian, perbedaan antara AI kuat dan AI lemah terletak pada tingkat kecerdasan, kemandirian, kemampuan pembelajaran, dan kesadaran diri. AI kuat memiliki kemampuan pada tingkat sistem serta lebih akurat dan mendalam, sementara AI lemah memiliki keterbatasan dalam cakupan dan fleksibilitasnya.

Bab 2

SEJARAH PERKEMBANGAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*

2.1 Pendahuluan

Artificial Intelligence (AI), atau kecerdasan buatan, adalah cabang ilmu komputer yang bertujuan untuk menciptakan mesin yang dapat melakukan tugas yang membutuhkan kecerdasan manusia. Konsep ini telah ada sejak awal abad ke-20, dengan perkembangan yang pesat seiring berjalannya waktu. Tujuan utama dari AI adalah untuk memungkinkan mesin untuk melakukan aktivitas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia, seperti pemecahan masalah, pengambilan keputusan, pengenalan pola, dan bahasa alami. Sejarah AI dimulai dengan konsep-konsep awal tentang mesin pemikir dan teori tentang bagaimana komputer dapat mensimulasikan kecerdasan manusia. Alan Turing, seorang matematikawan Inggris, memainkan peran kunci dalam membentuk dasar-dasar teoretis untuk AI dengan mengembangkan ide komputer universal dan mengajukan pertanyaan "Apakah mesin bisa berpikir?" pada tahun 1950. Pada tahun 1956, John McCarthy memperkenalkan istilah "Artificial Intelligence" dalam konferensi Dartmouth, yang memulai era penelitian intensif dalam bidang ini. Selama tahun-tahun berikutnya, perkembangan AI mengalami naik-turun, dengan periode-periode signifikan seperti masa "Winter of AI" yang menandai penurunan minat dan dana pada akhir tahun 1960-an dan awal 1970-an (Collecchia & De Gobbi, 2024; Filer, 2024a; Graham-Cumming, 2012; Grzybowski et al., 2024; Hoffmann, 2022).

Pada tahun 1980-an, minat terhadap AI bangkit kembali, didorong oleh kemajuan dalam pemrosesan data, komputerisasi yang lebih murah,

dan penemuan algoritma baru seperti jaringan saraf tiruan. Era ini juga menyaksikan kemajuan dalam aplikasi AI, seperti sistem pakar untuk diagnosis medis dan permainan catur. Pada abad ke-21, AI mengalami kemajuan yang sangat pesat, terutama berkat revolusi dalam teknik *deep learning*. Ini menghasilkan kemampuan mesin untuk belajar dari data yang besar dan kompleks, seperti pengenalan wajah, penerjemahan bahasa, dan mobil otonom. Saat ini, AI telah menjadi bagian integral dari berbagai teknologi modern, dari perangkat lunak hingga robotika dan kendaraan tanpa pengemudi. Meskipun AI telah membawa manfaat besar, ada juga tantangan yang harus diatasi, termasuk masalah etika, privasi, dan pengaruh sosial dari teknologi yang semakin canggih ini. Secara keseluruhan, AI terus berkembang dan diharapkan untuk menjadi semakin penting dalam kehidupan sehari-hari manusia di masa depan (Lee & He, 2021).

Pemahaman sejarah perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) dalam konteks teknologi modern sangat penting karena menawarkan pandangan yang komprehensif tentang bagaimana teknologi ini berkembang dari konsep teoritis menjadi bagian integral dari kehidupan sehari-hari kita saat ini. Sejarah AI mencerminkan evolusi teknologi yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan, dari komputasi hingga kecerdasan buatan yang semakin kompleks. Awalnya, AI dimulai dengan konsep tentang mesin pemikir dan bagaimana komputer bisa mensimulasikan kecerdasan manusia. Pada tahun 1950-an, Alan Turing memberikan kontribusi signifikan dengan memperkenalkan ide komputer universal dan menimbulkan pertanyaan fundamental, "Apakah mesin bisa berpikir?" Pada tahun yang sama, konferensi Dartmouth pada tahun 1956 menjadi titik awal resmi penelitian intensif dalam AI, yang dipelopori oleh John McCarthy dan rekan-rekannya (Giunchiglia, 1995; McCarthy, 1991; Marcus, 2004a, 2004b; Seising, 2012; Van Benthem, 2011). Perjalanan AI tidak selalu mulus; ada periode "*Winter of AI*" pada akhir tahun 1960-an dan awal 1970-an, di mana minat dan dana penelitian berkurang drastis. Namun, pada 1980-an, minat terhadap AI bangkit kembali, didorong oleh kemajuan dalam pemrosesan data dan algoritma baru seperti jaringan saraf tiruan. Era ini menyaksikan perkembangan aplikasi praktis AI seperti sistem pakar untuk diagnosis

medis dan program komputer yang mampu bermain catur dengan pemain manusia. Pada abad ke-21, revolusi *deep learning* mengubah lanskap AI secara dramatis. Teknik ini memungkinkan komputer untuk belajar dari data besar dan kompleks, menghasilkan kemampuan seperti pengenalan wajah, penerjemahan bahasa, dan mobil otonom. Saat ini, AI digunakan luas di berbagai industri, termasuk otomotif, kesehatan, keuangan, dan banyak lagi. Memahami sejarah AI memungkinkan kita untuk mengidentifikasi titik balik penting dan memahami bagaimana teknologi ini telah mempengaruhi dan akan terus mempengaruhi kehidupan kita. Ini membantu dalam merencanakan masa depan AI yang lebih baik, mengelola risiko dan manfaatnya, serta memastikan bahwa pengembangan teknologi ini sejalan dengan nilai-nilai manusia dan kepentingan publik. Terlebih lagi, pemahaman yang mendalam tentang sejarah AI membantu kita mengatasi tantangan yang ada, seperti masalah etika, privasi, dan implikasi sosial dari teknologi yang semakin canggih ini. Dengan demikian, belajar dari masa lalu adalah kunci untuk menciptakan masa depan AI yang cerah dan bermanfaat bagi semua (Grzybowski et al., 2024).

2.2 Perkembangan Awal AI

Konsep awal *Artificial Intelligence* (AI) dimulai pada awal abad ke-20 dengan pertimbangan tentang kemungkinan mesin dapat meniru kecerdasan manusia. Pada tahun 1920-an, ilmuwan seperti Karel Čapek dan Rossum's Universal Robots mengeksplorasi konsep robotika dan kecerdasan buatan dalam karya sastra mereka. Namun, awal mula konsep AI secara serius dimulai pada tahun 1940-an dan 1950-an. Alan Turing, seorang matematikawan dan kriptografer Inggris, memberikan kontribusi penting dengan memperkenalkan konsep komputer universal dalam makalahnya tahun 1936. Pada tahun 1950, Turing menerbitkan artikel berjudul "*Computing Machinery and Intelligence*", di mana ia mengajukan pertanyaan kontroversial "Apakah mesin bisa berpikir?" dan memperkenalkan "Tes Turing" untuk mengevaluasi kecerdasan buatan. Pada tahun 1943, Warren McCulloch dan Walter Pitts menerbitkan makalah yang menggambarkan model matematis pertama untuk jaringan saraf tiruan. Pada tahun 1956, istilah "*Artificial Intelligence*" pertama kali digunakan dalam konferensi Dartmouth, yang diprakarsai oleh John

McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, dan Claude Shannon. Konferensi ini menjadi titik awal bagi penelitian intensif dalam AI, mengarah pada pengembangan bahasa pemrograman untuk AI, seperti Lisp oleh McCarthy. Selama tahun-tahun berikutnya, pengembangan komputer semakin memungkinkan untuk mengembangkan konsep-konsep AI, meskipun pada periode tertentu, seperti "Winter of AI" pada akhir tahun 1960-an dan awal 1970-an, minat terhadap AI mengalami penurunan. Namun, pemikiran dan pengembangan dalam bidang AI terus berkembang, membawa kita menuju era komputasi modern yang sangat bergantung pada teknologi AI untuk memecahkan masalah kompleks dan meningkatkan kinerja komputer secara umum (Gignac & Szodorai, 2024; Ofosu-Ampong, 2024; Rouzrokh & Awan, 2024; Straub et al., 2023; Sun et al., 2024).

Alan Turing memainkan peran kunci dengan memperkenalkan konsep mesin Turing pada tahun 1936, yang mendefinisikan batasan matematis dari apa yang bisa dicapai oleh komputer. Turing juga mengajukan pertanyaan fundamental, apakah mesin bisa berpikir, yang membuka jalan bagi diskusi awal tentang AI (Graham-Cumming, 2012; Hoffmann, 2022). Pada tahun 1943, Warren McCulloch dan Walter Pitts mengembangkan model matematis pertama untuk jaringan saraf tiruan, terinspirasi oleh struktur neuron dalam otak manusia. Di tahun-tahun berikutnya, pemikiran simbolik muncul dengan pengembangan program seperti *Logic Theorist* oleh Allen Newell dan Herbert A. Simon, yang memungkinkan komputer untuk melakukan pembuktian matematis. Pada tahun 1950-an, John McCarthy, Marvin Minsky, dan rekan-rekan mereka mengembangkan konsep-konsep dasar AI, termasuk pemikiran tentang mesin pemikir dan kecerdasan umum. McCarthy juga menciptakan bahasa pemrograman Lisp pada tahun 1958, yang menjadi bahasa utama dalam pengembangan AI awal. Perkembangan ini memberikan dasar teoretis yang penting bagi perkembangan AI selanjutnya, dan banyak dari konsep dan teknik dari periode ini masih berpengaruh dalam AI modern, terutama dengan kemajuan dalam komputasi dan keberadaan data yang besar (Gignac & Szodorai, 2024; Rouzrokh & Awan, 2024; Straub et al., 2023).

Penelitian dan kontribusi awal dari para ilmuwan seperti Alan Turing, John McCarthy, dan lainnya memiliki dampak yang signifikan dalam pengembangan *Artificial Intelligence* (AI). Alan Turing, seorang matematikawan dan kriptografer Inggris, memberikan kontribusi fundamental terhadap AI dengan memperkenalkan beberapa konsep penting. Pada tahun 1936, Turing mengembangkan konsep mesin Turing, sebuah model matematis yang membentuk dasar dari komputasi modern. Konsep ini menunjukkan bahwa mesin-mesin bisa dikendalikan dengan seperangkat instruksi sederhana, membuka jalan bagi pemikiran tentang komputer yang bisa berpikir seperti manusia. Turing juga terkenal dengan pertanyaannya "Apakah mesin bisa berpikir?" yang diajukan dalam makalahnya "*Computing Machinery and Intelligence*" pada tahun 1950. Pertanyaan ini menjadi dasar bagi ujian Turing, yang digunakan untuk menilai kecerdasan buatan dalam konteks apakah sebuah mesin dapat menipu manusia bahwa ia adalah manusia (Graham-Cumming, 2012; Grzybowski et al., 2024).

John McCarthy, seorang ilmuwan komputer Amerika, adalah salah satu perintis utama dalam bidang AI. Pada tahun 1956, McCarthy menjadi salah satu penyelenggara konferensi Dartmouth, yang sering dianggap sebagai awal resmi dari AI sebagai bidang penelitian. Di konferensi ini, McCarthy memperkenalkan istilah "*Artificial Intelligence*" dan menggambarkan AI sebagai studi tentang membuat mesin cerdas. McCarthy juga berkontribusi pada pengembangan Lisp, salah satu bahasa pemrograman awal yang digunakan dalam penelitian AI. Lisp sangat mendukung pemrograman berbasis fungsi dan menjadi bahasa yang populer untuk pengembangan sistem AI pada masa itu (Israel, 1991; Marcus, 2004c; Thomason, 1991).

Selain Turing dan McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon, Herbert A. Simon, Allen Newell, dan banyak ilmuwan lainnya juga memberikan kontribusi penting dalam pengembangan AI awal. Minsky dan McCarthy, bersama dengan para rekan mereka, mengembangkan teori tentang mesin pemikir dan kecerdasan umum. Minsky juga terlibat dalam pengembangan jaringan saraf tiruan, sementara Simon dan Newell mengembangkan program-program seperti *Logic Theorist* dan *General Problem Solver*, yang membawa AI lebih dekat ke aplikasi praktis dalam

penyelesaian masalah. Penelitian dan kontribusi awal dari para ilmuwan ini memberikan fondasi teoretis yang kuat bagi AI modern, dan banyak dari ide-ide mereka masih relevan dan berpengaruh dalam perkembangan AI saat ini, termasuk dalam domain seperti machine learning, deep learning, dan pemrosesan bahasa alami (Grzybowski et al., 2024).

2.3 Pertumbuhan dan Tantangan (1950-an - 1980-an)

Periode penting dalam pengembangan *Artificial Intelligence* (AI) mencakup serangkaian peristiwa bersejarah yang membentuk evolusi teknologi ini dari konsep teoritis menjadi aplikasi yang signifikan dalam kehidupan modern. Pada tahun 1956, konferensi Dartmouth menjadi titik awal AI sebagai bidang penelitian yang terpisah, dengan John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, dan Claude Shannon memperkenalkan istilah "*Artificial Intelligence*" dan mengajukan tantangan untuk mengembangkan mesin yang dapat meniru kecerdasan manusia. Perkembangan awal AI ditandai dengan dominasi pemikiran simbolik, seperti program *Logic Theorist* yang dikembangkan oleh Allen Newell dan Herbert A. Simon pada tahun 1950-an, yang mampu melakukan pembuktian matematis. Meskipun demikian, pada akhir tahun 1960-an hingga awal 1970-an, AI mengalami "*Winter of AI*" yang menandai penurunan minat dan dana penelitian, akibat dari tantangan teknis yang besar. Pemulihan terjadi pada tahun 1980-an dengan kemajuan dalam komputasi dan pengembangan sistem pakar, yang mendorong aplikasi AI dalam berbagai industri. Puncaknya adalah revolusi deep learning pada tahun 2010-an, yang memungkinkan mesin untuk belajar dari data yang besar dan kompleks, menghasilkan kemampuan seperti pengenalan wajah, mobil otonom, dan penerjemahan bahasa. Periode-periode ini menandai progres signifikan dalam AI, membawa teknologi ini dari konsep teoritis menjadi solusi yang penting dalam dunia modern (Grzybowski et al., 2024).

Pengembangan mesin pemikir awal, seperti *Logic Theorist* dan *General Problem Solver*, merupakan tonggak penting dalam sejarah pengembangan *Artificial Intelligence* (AI) yang mengilhami berbagai pendekatan AI yang lebih lanjut. *Logic Theorist*, yang dikembangkan oleh

Allen Newell dan Herbert A. Simon pada tahun 1956, adalah salah satu program komputer pertama yang dirancang untuk melakukan pembuktian matematis secara otomatis. Program ini menggunakan pemikiran simbolik untuk mengelola aturan logis dan menghasilkan solusi untuk masalah matematis tertentu. *Logic Theorist* menggunakan strategi "pencarian dan pemotongan" (search and cut) untuk mengeksplorasi berbagai rute dan mengidentifikasi jalur optimal untuk mencapai solusi. *General Problem Solver* (GPS), juga dikembangkan oleh Newell dan Simon, adalah program AI yang lebih umum pada tahun 1957. GPS dirancang untuk menyelesaikan berbagai masalah dengan menerapkan aturan dan strategi umum. GPS menggunakan pendekatan berbasis "pemecahan masalah" (problem-solving approach) untuk menangani masalah yang kompleks dan beragam, yang melibatkan penggunaan aturan heuristik dan algoritma untuk menemukan solusi yang memadai. Kedua program ini mewakili pendekatan AI awal yang berfokus pada pemikiran simbolik dan pengolahan informasi berbasis aturan. Mereka memperkenalkan konsep-konsep seperti "state-space search" dan "problem reduction" yang menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang AI. Meskipun terbatas pada masalah-masalah terstruktur tertentu, seperti masalah matematis dan logis, kontribusi *Logic Theorist* dan GPS mengilhami pengembangan sistem AI yang lebih kompleks di masa depan, termasuk pengembangan sistem pakar dan pendekatan berbasis pengetahuan lainnya. Secara keseluruhan, pengembangan *Logic Theorist* dan *General Problem Solver* membantu membentuk dasar bagi pendekatan AI awal dan menunjukkan potensi komputer dalam menangani masalah yang memerlukan kecerdasan manusia. Kontribusi ini tidak hanya memajukan teknologi AI pada masanya, tetapi juga memberikan landasan penting untuk inovasi dalam pemrosesan informasi dan pengambilan keputusan di masa depan (Augier & March, 2002; Dasgupta, 2003; Simon, 1993; Spender, 2015; Velupillai & Kao, 2014).

"*Winter of AI*" merujuk pada periode di akhir tahun 1960-an dan awal 1970-an di mana minat dan dukungan terhadap pengembangan *Artificial Intelligence* (AI) mengalami penurunan yang signifikan. Beberapa tantangan utama yang menyebabkan "*Winter of AI*" termasuk

keterbatasan teknologi komputasi pada waktu itu, yang tidak mampu mendukung pengembangan AI yang lebih kompleks. Meskipun ada kemajuan dalam pemikiran simbolik dan jaringan saraf tiruan, kebanyakan dari metode-metode ini tidak dapat menangani masalah-masalah yang lebih luas dan lebih kompleks. Selain itu, terdapat kritik dari komunitas ilmiah yang skeptis terhadap klaim yang dibuat tentang potensi AI untuk meniru kecerdasan manusia. Kegagalan untuk mencapai target yang diharapkan dan krisis kepercayaan dari publik dan investor juga berkontribusi pada penurunan minat terhadap AI. Sebagai hasilnya, dana penelitian dan dukungan dari pemerintah dan industri menurun, mengakibatkan periode stagnasi yang signifikan dalam pengembangan teknologi AI. Meskipun demikian, periode ini juga memberikan kesempatan bagi ilmuwan untuk mengevaluasi kegagalan masa lalu dan membangun fondasi yang lebih kokoh untuk kemajuan masa depan dalam bidang AI (Grzybowski et al., 2024).

2.4 Pemulihan dan Perkembangan Lanjutan (1980-an - 2000-an)

Pemulihan minat terhadap *Artificial Intelligence* (AI) terjadi pada tahun 1980-an, setelah periode "*Winter of AI*" yang menandai penurunan minat dan dana penelitian terhadap teknologi ini. Pemulihan ini dipicu oleh beberapa faktor utama yang membawa AI kembali ke fokus perhatian dan mengarah pada perkembangan teknik baru yang mendorong kemajuan signifikan dalam bidang ini. Salah satu faktor utama dalam pemulihan minat terhadap AI adalah kemajuan yang signifikan dalam teknologi komputasi. Pada tahun 1980-an, komputer semakin cepat dan lebih kuat, dengan kemampuan yang lebih besar untuk mengolah data dan melakukan komputasi yang kompleks. Hal ini memungkinkan aplikasi AI untuk menjadi lebih praktis dan efektif dalam menyelesaikan masalah-masalah yang rumit. Selain itu, ada juga kemajuan dalam algoritma dan metode AI, terutama dalam pengembangan sistem pakar dan teknik pemecahan masalah. Sistem pakar, yang menggunakan basis pengetahuan yang terstruktur untuk membuat keputusan seperti yang dilakukan oleh seorang ahli, menjadi semakin populer dan berhasil diterapkan dalam berbagai industri seperti kedokteran, manufaktur, dan perbankan. Selama periode ini, pendekatan berbasis pengetahuan dan sistem berbasis aturan menjadi dominan

dalam AI. Metode-metode ini memungkinkan mesin untuk menggunakan pengetahuan eksplisit dan aturan untuk menyelesaikan masalah tertentu, meskipun dalam domain terbatas. Selain itu, pengembangan dalam jaringan saraf tiruan (neural networks) dan teknik pembelajaran mesin (machine learning) juga mulai mengalami kemajuan signifikan. Meskipun penelitian ini masih dalam tahap awal dan terbatas, ini menunjukkan potensi baru untuk AI dalam belajar dan beradaptasi dari data. Secara keseluruhan, pemulihan minat terhadap AI pada tahun 1980-an membawa teknologi ini kembali ke jalur perkembangan yang positif. Hal ini memungkinkan AI untuk mengeksplorasi lebih dalam aplikasi praktisnya dan menyediakan dasar yang lebih kuat untuk inovasi yang akan datang dalam bidang AI, seperti yang kita lihat dengan perkembangan yang pesat dalam deep learning, data besar, dan aplikasi AI dalam berbagai aspek kehidupan modern (Filer, 2024b; Inglada Galiana et al., 2024; Muthukrishnan et al., 2020; Poortmans et al., 2020).

Perkembangan sistem pakar dan jaringan saraf tiruan telah menjadi dua inovasi penting dalam bidang *Artificial Intelligence* (AI). Sistem pakar, yang mulai dikembangkan pada tahun 1970-an dan mencapai puncak popularitasnya pada tahun 1980-an, merupakan program komputer yang menggunakan basis pengetahuan yang terstruktur untuk mengevaluasi informasi dan memberikan solusi atau rekomendasi seperti yang dilakukan oleh seorang ahli manusia di bidang tertentu. Sistem pakar digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk diagnosa medis, perencanaan bisnis, dan pemecahan masalah teknis, memungkinkan organisasi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengambilan keputusan. Di sisi lain, jaringan saraf tiruan adalah model matematis yang terinspirasi dari struktur dan fungsi neuron dalam otak manusia. Jaringan ini terdiri dari node atau "neuron" yang saling terhubung, yang dapat belajar dari data. Meskipun konsep jaringan saraf tiruan sudah ada sejak awal abad ke-20, baru pada tahun 1980-an kemampuannya mulai dikembangkan dengan lebih baik, terutama dalam pengenalan pola dan pemrosesan gambar. Teknologi ini kemudian mengalami revolusi dengan munculnya deep learning pada tahun 2010-an, di mana jaringan saraf tiruan yang dalam (deep neural networks) mampu belajar dari data yang sangat besar dan kompleks, menghasilkan

kemajuan signifikan dalam pengenalan wajah, penerjemahan bahasa, dan mobil otonom. Perkembangan ini telah membawa AI ke dalam era baru, di mana aplikasinya semakin meresap ke dalam berbagai aspek kehidupan modern, dari teknologi hingga layanan publik dan industri (Abut et al., 2024; Bahrami et al., 2024; Hasidi et al., 2024; Khazaelpour & Zolfani, 2024; Morabito et al., 2024; Nearing & Verrier, 2024; Zambetta et al., 2024).

Keberhasilan AI dalam permainan catur merupakan salah satu pencapaian yang paling menonjol dalam bidang kecerdasan buatan. Contoh paling terkenal adalah *Deep Blue* milik IBM yang mengalahkan juara dunia catur Garry Kasparov pada 1997, menandai pertama kalinya komputer mengalahkan juara dunia dalam pertandingan catur klasik. Keberhasilan ini sebagian besar disebabkan oleh algoritma pencarian dan evaluasi posisi yang sangat canggih. *Deep Blue* menggunakan algoritma minimax yang disempurnakan dengan pemangkasan alpha-beta, memungkinkan mesin untuk mengevaluasi jutaan posisi catur per detik. Selain itu, kemajuan dalam pembelajaran mesin dan neural networks telah melahirkan program seperti *AlphaZero* dari *DeepMind*, yang tidak hanya menguasai catur melalui pembelajaran mandiri tetapi juga memperkenalkan gaya bermain yang kreatif dan inovatif. *AlphaZero* mempelajari catur hanya dari aturan dasar, kemudian bermain jutaan kali melawan dirinya sendiri untuk mengasah strateginya. Ini menunjukkan kemampuan AI untuk belajar dan beradaptasi pada tingkat yang sangat tinggi tanpa campur tangan manusia langsung. Keberhasilan ini tidak hanya memperkuat potensi AI dalam memecahkan masalah kompleks tetapi juga mengilhami perkembangan AI dalam berbagai domain lainnya, seperti diagnosis medis, keuangan, dan pengembangan game yang lebih luas (Grzybowski et al., 2024; Muthukrishnan et al., 2020).

2.5 *Revival AI dan Deep Learning (2010-an - Sekarang)*

Revolusi *deep learning* dan *neural networks* telah mengubah lanskap kecerdasan buatan secara dramatis dalam beberapa dekade terakhir. *Deep learning*, yang merupakan subkategori dari machine learning, menggunakan neural networks dengan banyak lapisan (disebut deep neural networks) untuk memproses data dan membuat prediksi.

Teknologi ini diilhami oleh cara kerja otak manusia, di mana neuron-neuron saling terhubung untuk memproses informasi. Awal mula revolusi ini dapat ditelusuri ke kemajuan dalam komputasi dan ketersediaan data besar (big data). Peningkatan daya komputasi, terutama dengan penggunaan GPU (Graphics Processing Units), memungkinkan pelatihan model deep learning yang kompleks dalam waktu yang lebih singkat. Pada saat yang sama, ketersediaan dataset besar memberikan bahan mentah yang diperlukan untuk melatih model-model ini. Hasilnya adalah kemajuan pesat dalam berbagai bidang aplikasi. Dalam visi komputer, deep learning memungkinkan pengenalan gambar dan video dengan akurasi yang sebelumnya tak terbayangkan. Dalam pemrosesan bahasa alami, teknologi ini telah memungkinkan mesin untuk memahami dan menghasilkan teks dengan cara yang semakin manusiawi, seperti yang terlihat pada model bahasa GPT. *Deep learning* juga telah mendorong inovasi dalam bidang kesehatan, dengan AI yang mampu mendiagnosis penyakit dari gambar medis dengan akurasi yang tinggi. Revolusi ini tidak hanya mempercepat perkembangan teknologi AI tetapi juga membuka pintu untuk aplikasi baru yang terus berkembang (Andrés et al., 2021; Kaikova & Terziyan, 2024; Khoo et al., 2024; Miranda-García et al., 2024; Osa et al., 2024; Pérez-Sala et al., 2023; S.K.B et al., 2024; Tran et al., 2024).

Keberhasilan besar dalam pengolahan gambar, pengenalan suara, dan pemodelan bahasa telah mendorong kemajuan signifikan dalam kecerdasan buatan. Dalam pengolahan gambar, teknologi deep learning seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) telah mengubah cara komputer mengenali dan mengklasifikasi gambar. Contoh utamanya adalah sistem pengenalan wajah dan deteksi objek yang digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari keamanan hingga pengelompokan foto di media sosial. Pengenalan suara telah mengalami lompatan besar berkat *Recurrent Neural Networks* (RNN) dan lebih baru lagi, model Transformer. Algoritma ini memungkinkan pengenalan dan transkripsi suara dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi, seperti yang terlihat pada asisten virtual seperti Google Assistant, Siri, dan Alexa. Teknologi ini mempermudah interaksi manusia dengan mesin melalui perintah suara yang lebih alami dan responsif. Dalam pemodelan bahasa,

terobosan besar datang dari pengembangan model bahasa besar seperti GPT (Generative Pre-trained Transformer). Model ini, dengan kemampuannya untuk memahami konteks dan menghasilkan teks yang koheren, telah merevolusi berbagai aplikasi mulai dari penerjemahan otomatis hingga pembuatan konten dan dukungan pelanggan. Model seperti GPT-3, dengan miliaran parameter, mampu menghasilkan teks yang sulit dibedakan dari tulisan manusia, menunjukkan potensi besar dalam otomasi dan asistensi kreatif. Keberhasilan dalam ketiga bidang ini menunjukkan betapa kuatnya dampak AI dalam memajukan teknologi dan mempermudah kehidupan sehari-hari (Huang et al., 2024; Liu et al., 2024; Rubio et al., 2024; Yasin et al., 2024).

Implementasi AI dalam berbagai industri telah mengubah cara operasional dan meningkatkan efisiensi secara signifikan. Dalam industri otomotif, AI memainkan peran kunci dalam pengembangan kendaraan otonom. Teknologi seperti sistem pengenalan gambar dan sensor canggih memungkinkan mobil untuk mendeteksi dan bereaksi terhadap lingkungan sekitarnya, meningkatkan keselamatan dan kenyamanan. Selain itu, AI digunakan dalam perencanaan rute yang lebih efisien dan pengoptimalan rantai pasokan. Di sektor kesehatan, AI telah membawa perubahan revolusioner dalam diagnosis dan perawatan. Algoritma *machine learning* dapat menganalisis gambar medis seperti MRI dan CT scan dengan akurasi tinggi, membantu dokter mendeteksi penyakit lebih awal. Selain itu, AI membantu dalam pengembangan obat dengan mempercepat proses penemuan dan uji klinis. Chatbots dan asisten virtual juga digunakan untuk memberikan dukungan pasien dan mengelola administrasi kesehatan. Dalam industri keuangan, AI digunakan untuk mengidentifikasi pola dan anomali dalam data transaksi yang dapat menunjukkan aktivitas penipuan. Sistem berbasis AI juga digunakan untuk analisis risiko, perdagangan otomatis, dan pemberian pinjaman yang lebih cepat dan akurat. Chatbots dan asisten virtual membantu meningkatkan layanan pelanggan dengan memberikan respon yang cepat dan tepat. Implementasi AI dalam berbagai industri ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan produktivitas tetapi juga membuka jalan bagi inovasi dan layanan yang lebih baik (Akhtar et al., 2024; Ben Alaya et al., 2023; Cohen et al., 2024;

OuYang et al., 2023; Piri et al., 2022; Ranjbarzadeh et al., 2023; Wang et al., 2023).

2.6 Tantangan dan Masa Depan AI

Pengembangan AI membawa serta tantangan etika dan regulasi yang signifikan. Salah satu isu utama adalah bias algoritma, di mana AI dapat memperkuat ketidakadilan sosial jika data latihnya mencerminkan prasangka atau diskriminasi. Hal ini dapat berdampak negatif dalam keputusan penting seperti perekrutan kerja, persetujuan pinjaman, dan penegakan hukum. Transparansi juga menjadi tantangan, karena banyak algoritma AI, terutama deep learning, beroperasi sebagai "kotak hitam" yang sulit dipahami dan diaudit oleh manusia. Privasi data adalah masalah kritis lainnya. AI sering kali membutuhkan data dalam jumlah besar, yang bisa melibatkan informasi pribadi sensitif. Melindungi privasi individu dan memastikan data digunakan secara etis adalah keharusan. Selain itu, ada kekhawatiran tentang keamanan dan penggunaan AI dalam cara yang merugikan, seperti dalam pengembangan senjata otonom atau serangan siber yang ditingkatkan AI. Regulasi AI juga kompleks karena teknologi ini berkembang sangat cepat, sementara kerangka hukum seringkali lambat untuk mengejar. Membuat regulasi yang fleksibel namun efektif adalah tantangan, mengingat perlunya menyeimbangkan inovasi dengan perlindungan masyarakat. Inisiatif seperti pedoman etika AI dan kolaborasi internasional untuk standardisasi bisa membantu mengatasi beberapa tantangan ini. Pendekatan yang hati-hati dan kolaboratif diperlukan untuk memastikan AI dikembangkan dan diterapkan dengan cara yang bertanggung jawab dan bermanfaat bagi semua.

Masa depan AI diharapkan membawa perubahan besar di berbagai sektor dengan peningkatan efisiensi, produktivitas, dan kualitas hidup. Dalam bidang kesehatan, AI diprediksi akan mempercepat penemuan obat, menyediakan diagnosis yang lebih akurat, dan personalisasi perawatan medis. Algoritma AI akan memungkinkan deteksi dini penyakit melalui analisis data genetik dan medis yang lebih canggih. Di industri otomotif, kendaraan otonom yang sepenuhnya self-driving diharapkan menjadi umum, mengurangi kecelakaan lalu lintas

dan meningkatkan efisiensi transportasi. AI juga akan memajukan smart cities, di mana infrastruktur cerdas mengoptimalkan pengelolaan sumber daya seperti listrik dan air, serta meningkatkan keamanan publik. Dalam sektor bisnis dan keuangan, AI akan meningkatkan otomatisasi proses, analisis data, dan keputusan strategis, yang memungkinkan perusahaan beroperasi lebih efisien dan responsif terhadap perubahan pasar. Layanan pelanggan akan ditingkatkan dengan chatbots yang lebih canggih dan personalisasi yang lebih baik. Pendidikan juga akan merasakan dampak besar, dengan AI yang menyediakan pembelajaran adaptif yang disesuaikan dengan kebutuhan individu siswa, serta analisis data untuk meningkatkan metode pengajaran. Namun, tantangan etika dan regulasi harus terus diatasi. Ada harapan bahwa kerangka kerja etika yang kuat dan regulasi yang tepat akan mengarahkan pengembangan AI ke arah yang bermanfaat dan adil. Kolaborasi global dan investasi dalam penelitian etis akan menjadi kunci untuk memastikan bahwa AI berkembang dengan cara yang positif dan inklusif.

Kemajuan AI membawa implikasi sosial dan ekonomi yang signifikan. Secara ekonomi, AI dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi di berbagai industri, dari manufaktur hingga layanan keuangan, yang dapat mendorong pertumbuhan ekonomi. Namun, otomatisasi juga mengancam lapangan kerja tradisional. Banyak pekerjaan rutin dan manual berisiko digantikan oleh mesin, yang dapat menyebabkan peningkatan pengangguran dan ketidaksetaraan pendapatan jika transisi ini tidak dikelola dengan baik. Secara sosial, AI memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas hidup melalui layanan yang lebih baik di bidang kesehatan, pendidikan, dan transportasi. AI dapat membantu dalam diagnosis medis, pembelajaran adaptif, dan kendaraan otonom yang lebih aman. Namun, ada juga kekhawatiran tentang privasi, karena penggunaan data besar-besaran oleh AI dapat mengancam privasi individu jika tidak ada regulasi yang ketat. Ketimpangan digital juga bisa meningkat, karena akses ke teknologi canggih mungkin terbatas pada negara maju atau individu dengan sumber daya yang cukup. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa manfaat AI didistribusikan secara merata. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan kebijakan yang mendukung pelatihan ulang tenaga kerja, regulasi privasi yang ketat, dan

upaya untuk memastikan akses teknologi yang lebih luas. Dengan pendekatan yang bijak, AI dapat membawa kemajuan yang inklusif dan berkelanjutan.

Bab 3

NEURAL NETWORKS DAN DEEP LEARNING

3.1 Pendahuluan

Manusia dan komputer pada dasarnya mampu saling bekerja sama dalam berbagai tugas, misalnya menghitung akar pangkat tiga pada bilangan besar sangatlah mudah bagi komputer. Namun di sisi lain, pengenalan objek dalam gambar adalah tugas yang mudah dilakukan oleh manusia (Aggarwal, 2018). Saat ini kehidupan dan perkembangan teknologi tidak lepas dari peranan sistem cerdas yang terus diciptakan. Sistem cerdas merupakan implementasi kecerdasan buatan untuk menyelesaikan masalah nyata dan memenuhi kebutuhan manusia sebagai pengguna. Sistem cerdas dianggap solusi bagi kebutuhan manusia saat ini yang cenderung lebih menginginkan pekerja yang otomatis dan efisien dalam menyelesaikan tugas.

Neural networks dan *deep learning* merupakan dua konsep kecerdasan buatan yang saling terhubung satu sama lain. Keduanya merupakan pengembangan dari konsep *machine learning* yang dianggap memiliki limitasi dalam menyelesaikan sebuah masalah kompleks. Ide dasar dari pengembangan kedua konsep ini adalah adanya keinginan manusia untuk menciptakan sebuah komputer yang mampu belajar dan bekerja layaknya manusia.

Konsep pembelajaran secara mandiri oleh komputer terdengar menjanjikan. Sehingga pada tahun 1943 mulai dikembangkan penelitian tentang konsep *neural networks* oleh Warren McCulloch dan Walter Pitts. Kedua peneliti memperkenalkan model matematika yang meniru kerja neuron atau dikenal dengan MP neuron. Penelitian ini menjadi tonggak awal berkembangnya *neural networks*. (Suyanto, 2007)

Kemudian pada tahun 1950-an dan 1960-an peneliti Frank Rosenblatt memperkenalkan bentuk sederhana dari *neural networks* yaitu perceptron. Kelebihan perceptron yaitu dapat mengelompokkan data menjadi dua kelas (klasifikasi biner) berdasarkan data yang diberikan. Namun perceptron memiliki beberapa keterbatasan seperti, jika datanya tidak dapat dipisahkan menjadi dua kelas, maka hasil klasifikasi menjadi kurang baik. Selain itu, perceptron juga tidak dapat menangani data yang berubah seiring waktu. Keterbatasan ini kemudian menjadi alasan penelitian tentang *neural networks* mengalami penurunan minat dan tidak terlalu dikembangkan lagi (Aggarwal, 2018).

Pada tahun 1980-an merupakan tahun kebangkitan kembali penelitian tentang *neural networks*. Tepatnya tahun 1986 penelitian neural network dimulai kembali dan diperkenalkan konsep baru bernama *Backpropagation* oleh David Rumelhart, Geoffrey Hinton, dan Ronald Williams. Sebuah *neural networks* yang dapat menghitung error dari setiap output kemudian memperbaiki bobot setiap node dalam *neural networks* sehingga menghasilkan data output yang mendekati data asli (Nielsen, 2024).

Kemudian pada tahun 1989 seorang peneliti bernama Yann LeCun memperkenalkan sebuah konsep *Convolutional Neural networks* (CNN) sebuah model neural network yang mampu mengenali karakter optik (Goodfellow et al., 2016). Karakter optik sendiri adalah sebuah karakter berupa angka, huruf, ataupun karakter yang diambil dari dokumen, buku, dan lainnya dan diubah menjadi citra digital. Pada penelitian Yann LeCun CNN yang dikembangkan dikenal sebagai LeNet-5 dan secara khusus mampu mengenali angka pada cek bank saat itu. Penelitian ini memberikan kontribusi yang besar pada pengembangan *neural networks* dalam pemrosesan gambar.

Tahun 1990-an *neural networks* mulai banyak diterapkan dalam berbagai bidang seperti pengenalan pola, pengenalan wajah, pengenalan suara, pemrosesan bahasa alami dan pengenalan karakter optik yang lebih baik. Selain penerapan *neural networks* yang mulai menyentuh banyak bidang, pengembangan dalam arsitektur dan algoritma juga terus ditingkatkan agar kinerja dan keefektifan dari *neural networks* menjadi

lebih baik, seperti *Recurrent Neural Network* (RNNs) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM). Namun terdapat tantangan yang cukup mengganggu perkembangan dari *neural networks* ini seperti keterbatasan komputasi karena perangkat komputer saat itu juga masih dalam tahap pengembangan dan belum sanggup untuk mewadahi pemrosesan yang dilakukan oleh *neural networks*. Selain itu kurangnya data yang tersedia saat itu membuat pengembangan *neural networks* terkesan lambat. Diketahui bersama bahwa data dalam *neural networks* dan *deep learning* memegang peranan penting. Tanpa adanya data yang cukup sebuah model *neural networks* akan menghasilkan output yang tidak sesuai (Suyanto, 2007).

Pada tahun 2000-an, terjadi peningkatan komputasi dan data yang signifikan. Banyaknya manusia yang mulai beralih menggunakan komputer, memaksa para pengembang komputasi untuk bekerja keras memenuhi kebutuhan pengguna yang semakin banyak dan beragam. Banyaknya pengguna komputer mengakibatkan tersedianya data yang berlimpah. Hal inilah yang menjadi dasar kembalinya era *neural networks* dan *deep learning*. Peningkatan komputasi dan data membuka ruang untuk kemajuan pelatihan model *neural networks* dan *deep learning* yang lebih besar dan lebih kompleks (Nielsen, 2024).

Hal ini juga terlihat dari banyaknya penelitian yang berfokus pada penggunaan dan pengembangan *neural networks* dan *deep learning* yang efektif dan mampu diimplementasikan sebagai solusi untuk mengatasi masalah nyata. Di tahun ini juga konsep *neural networks* dan *deep learning* yang awalnya hanyalah sebuah konsep teoritis, berubah menjadi alat yang praktis dan efektif dalam berbagai bidang, serta sangat bermanfaat bagi pengguna.

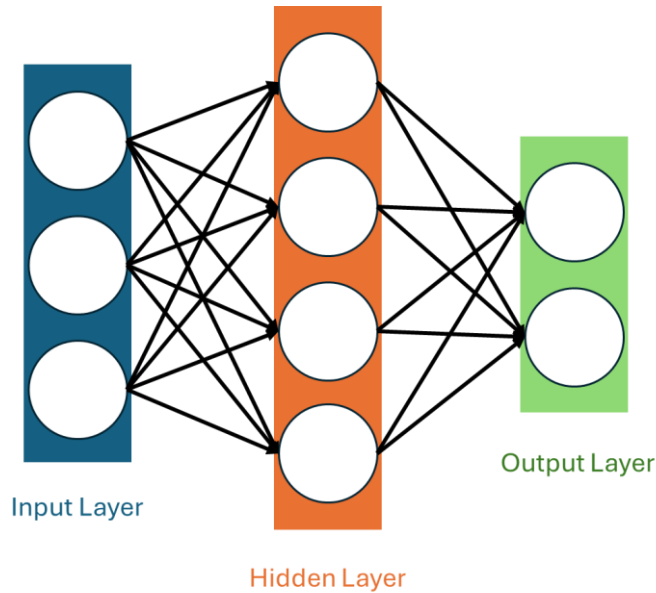
3.2 Dasar-Dasar Neural Networks

Neural networks merupakan salah satu konsep komputasi yang memiliki peranan penting dalam perkembangan teknologi saat ini. Konsep ini juga berbeda dengan proses komputasi tradisional. Pada proses komputasi tradisional, kita sebagai pengguna memberitahu komputer apa yang harus dilakukan. Kita harus memecah masalah besar menjadi bagian-bagian kecil dengan tepat sehingga komputer dapat

dengan mudah mengerjakannya dan menghasilkan output yang tepat. Berbeda dalam *neural networks*, kita sebagai pengguna tidak perlu memberitahu komputer secara eksplisit cara memecahkan masalah. Komputer akan secara mandiri belajar dan menemukan pola dari data yang kita masukkan, kemudian mencari solusi terhadap permasalahan yang diberikan (Heaton & Heaton, 2013).

Neural networks adalah model matematika yang mencontoh struktur dan fungsi jaringan saraf biologis manusia. *Neural networks* terdiri dari kumpulan neuron yang bertugas sebagai unit pengelola informasi dan saling terhubung, serta mampu belajar dari data (Goodfellow et al., 2016). Karena kemampuan inilah *Neural networks* menjadi landasan utama dalam pengembangan kecerdasan buatan modern yang sedang berkembang dan diterapkan saat ini. Konsep dasar *neural networks* terdiri dari beberapa cakupan antara lain:

1. Struktur *neural networks*: sebuah *neural networks* terdiri dari tiga bagian utama (**Gambar 3.1**) antara lain:
 - a. *Input Layer*: adalah unit dasar dalam *neural networks* yang bertugas untuk menerima data input. Input layer merepresentasikan satu fitur dari sebuah data input.
 - b. *Hidden Layer*: adalah unit/layer yang bertugas untuk melakukan proses komputasi. Layer ini berada diantara input layer dan output layer. Jumlah layer ini tidak konstan, artinya jumlah hidden layer dalam sebuah *neural networks* bervariasi tergantung dari seberapa kompleks masalah yang ingin diselesaikan/diprediksi.
 - c. *Output Layer*: adalah unit/layer yang bertugas untuk memberikan hasil output akhir oleh *neural networks*. Jumlah neuron dalam layer output biasanya akan sama dengan jumlah kelas prediksi yang diharapkan, misalnya dalam klasifikasi biner, maka output layer akan memiliki dua neuron.
2. Fungsi aktivasi dalam *neural networks* bertugas untuk menentukan apakah sebuah neuron bisa aktif atau tidak. Fungsi aktivasi ini akan digunakan oleh setiap neuron yang terbentuk dalam neural network. Contoh fungsi aktivasi yang terkenal antara lain, sigmoid dan ReLU.



Gambar 3.1 Ilustrasi struktur *neural networks*

Sumber: Goodfellow et al., 2016

3. Bobot (weight) merupakan parameter yang menghubungkan neuron antar layer dan mengatur kontribusi dari setiap input terhadap setiap output dalam neuron. Setiap input akan diskalakan dengan bobot yang berfungsi untuk melihat seberapa penting setiap input dalam proses komputasi dan output neuron.
4. Bias adalah parameter tambahan yang membantu *neural networks* untuk mempelajari pola yang lebih kompleks. Bias membantu model *neural networks* agar lebih fleksibel dan mampu beradaptasi terhadap data. Bias dapat diartikan sebagai parameter yang berisi nilai ambang batas yang memungkinkan neuron untuk aktif bahkan ketika hasil perkalian input dan bobot tidak sesuai nilai Threshold.
5. *Forward Propagation*: merupakan proses yang memungkinkan data input diteruskan dalam neuron mulai dari input layer hingga ke output layer sehingga menghasilkan output atau prediksi. Forward propagation merupakan proses utama dalam sebuah *neural networks*.
6. *Loss Function*: merupakan sebuah fungsi yang bertugas untuk mengukur kesalahan atau kerugian yang didapatkan oleh model

neural networks dalam menghasilkan output ataupun melakukan prediksi. Loss function digunakan untuk mengevaluasi seberapa baik kinerja model *neural networks* yang digunakan dalam mempelajari pola dari data. Tujuannya adalah untuk mengukur seberapa besar perbedaan antara nilai hasil prediksi dengan nilai sebenarnya dari data. Beberapa jenis loss function yang sering digunakan antara lain Mean squared error, Binary cross-entropy loss, dan categorical cross-entropy loss.

7. *Backpropagation*: merupakan algoritma yang digunakan untuk melatih *neural networks* dengan melakukan pembaruan terhadap bobot dan bias berdasarkan hasil perhitungan loss function menggunakan fungsi optimasi.
8. Fungsi Optimasi: merupakan algoritma yang digunakan untuk mengoptimalkan parameter sebuah model neural network dengan konsep backpropagation. Fungsi ini memiliki tujuan untuk meminimalkan kerugian atau kesalahan prediksi. Fungsi optimasi bertugas untuk menemukan nilai-nilai parameter sehingga model neural network yang digunakan dapat memberikan hasil prediksi terbaik. beberapa fungsi optimasi yang sering digunakan antara lain gradient descent, Adam (Adaptive Moment Estimation), RMSprop (Root Mean Square Propagation), dan Adamax.

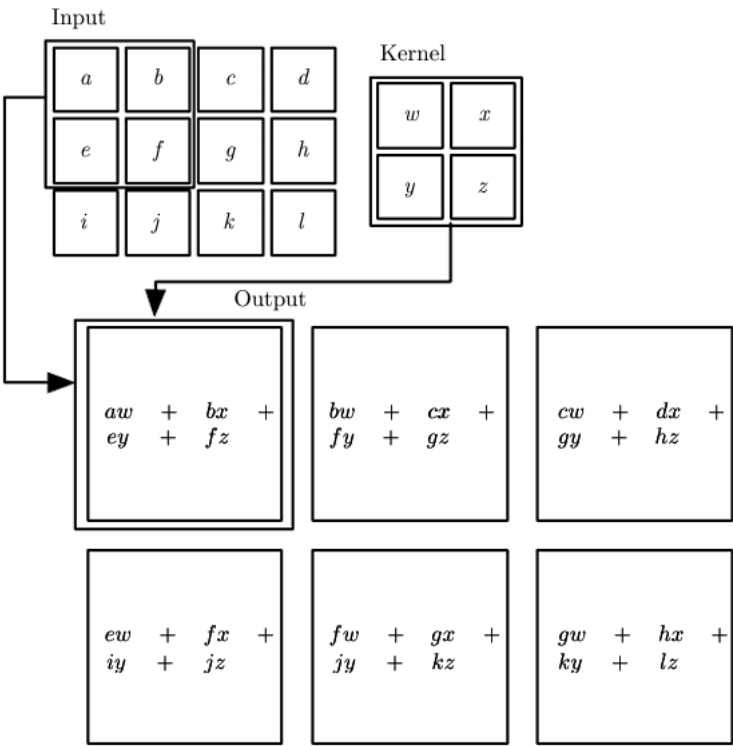
3.3 Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional networks atau lebih dikenal dengan *Convolutional Neural networks* (CNN) merupakan jenis *neural networks* yang mampu untuk memproses data dengan grid terstruktur (Goodfellow et al., 2016). Data grid terstruktur ini merupakan jenis data yang isinya terorganisir dalam bentuk grid atau matriks. Contoh data grid terstruktur adalah gambar dan video.

CNN memiliki kekuatan untuk memproses setiap nilai dari tiap koordinat spasial dalam gambar. Kedekatan pola warna dari piksel yang bertetangga membuat data grid-terstruktur memiliki banyak data yang mirip/berulang dan hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi komputer untuk melakukan prediksi/pengenalan pola dalam gambar (Aggarwal, 2018). CNN hadir dengan membawa revolusi bagi komputer dalam

pengolahan gambar. CNN memberikan babak baru untuk teknologi komputer yang mampu “melihat” dan memahami dunia visual yang dimiliki seperti manusia. Ada beberapa konsep dasar yang selalu terkait dengan CNN, antara lain:

1. Konvolusi: merupakan operasi fundamental dalam CNN. Konvolusi merupakan operasi perkalian dalam pengolahan citra digital yang menggunakan kernel atau dalam CNN disebut filter (Priyanto, 2017). Kernel/filter ini akan dikalikan pada seluruh piksel gambar input untuk menghasilkan fitur.

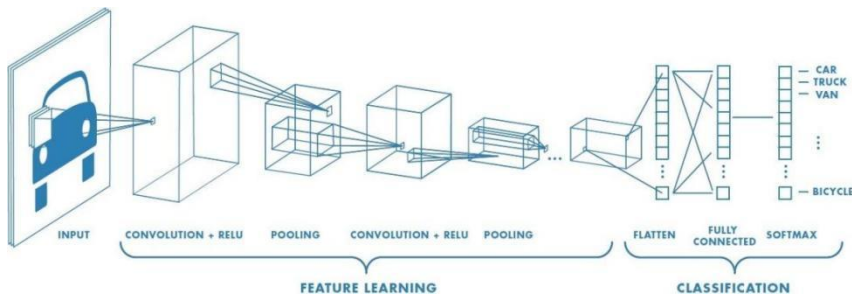


Gambar 3.2 Contoh operasi konvolusi
(Sumber: Goodfellow et al., 2016)

2. Struktur CNN: Struktur CNN terdiri dari beberapa bagian antara lain:
 - a. *Convolutional layer*: Bertugas untuk menjalankan proses konvolusi pada data input untuk menghasilkan feature map. Feature map dapat diartikan sebagai representasi dari fitur-fitur

yang telah dipelajari oleh CNN dari data input melalui operasi konvolusi. Feature map inilah yang akan digunakan oleh layer selanjutnya untuk melakukan klasifikasi, prediksi, deteksi, dan tugas-tugas lainnya yang berhubungan dengan data, khususnya data grid-terstruktur seperti gambar dan video.

- b. *Pooling layer*: Bertugas untuk mengurangi dimensi dari feature map, tapi tetap mempertahankan informasi penting dari data input. Pada dasarnya, *Pooling layer* bertugas untuk menyederhanakan informasi yang dihasilkan oleh *convolutional layer*. Sehingga, layer ini biasanya terletak setelah *convolutional layer*. *Pooling layer* akan mengambil setiap feature map dari *convolutional layer* dan menghasilkan feature map yang lebih ringkas. Beberapa jenis *pooling layer* antara lain, max pooling, average pooling, dan sum pooling.
- c. *Fully Connected Layer*: Bertugas untuk menghubungkan seluruh neuron di layer sebelumnya ke setiap neuron di layer berikutnya. Layer ini terletak di akhir arsitektur CNN dan menghasilkan prediksi akhir dari model CNN sesuai dengan tugas yang diberikan (prediksi, klasifikasi, dan lainnya).



Gambar 3.3 Ilustrasi arsitektur CNN
(Sumber: Matlab, 2024)

Struktur dari CNN mungkin terlihat sedikit berbeda dengan struktur *neural networks* lainnya. Namun fungsinya mirip dengan feed-forward neural network dan menggunakan parameter bobot dan bias pada setiap neuronnya. Perbedaannya terletak pada operasi konvolusi di setiap lapisannya (layer) untuk menghasilkan fitur dari data input.

1. Fungsi Aktivasi: tidak jauh berbeda dengan *neural networks*. Fungsi aktivasi dalam CNN juga digunakan untuk mengaktifkan neuron dalam setiap layer menggunakan nilai ambang batas. Dalam CNN fungsi aktivasi yang sering digunakan adalah ReLU (Heaton & Heaton, 2013).
2. Padding: Pada data gambar, setiap pikselnya akan memiliki nilai dan dengan menggunakan operasi konvolusi dalam CNN, maka setiap nilai dari hasil operasi konvolusi akan dipetakan menjadi feature map. Karena operasi konvolusi, terkadang informasi yang berada di piksel tepi akan terlewat dan ukuran dimensi data input juga akan berkurang untuk setiap operasi konvolusi yang terjadi dalam arsitektur CNN (Michelucci, 2018).

Padding merupakan teknik yang sering digunakan untuk memelihara dimensi data input dan memungkinkan memproses informasi dari piksel tepi dengan menambahkan nilai-nilai nol yang telah ditentukan pada setiap tepi gambar input sebelum dilakukan operasi konvolusi dalam CNN.

0	0	0	0	0
0	4	7	1	0
0	3	9	5	0
0	2	1	4	0
0	0	0	0	0

Gambar 3.4 Ilustrasi penambahan 1 padding disetiap piksel tepi dari sebuah gambar input.
(Sumber: Michelucci, 2018)

Padding bertujuan untuk menghasilkan feature map yang berisi informasi sebanyak mungkin dari data input sehingga model CNN mampu melakukan tugasnya dengan performa yang baik.

3. Stride: Operasi konvolusi yang ada dalam CNN memungkinkan sebuah kernel/filter untuk melakukan operasi konvolusi untuk setiap piksel dalam gambar input. Pergeseran kernel/filter inilah yang disebut stride. Secara definisi stride merupakan parameter yang berfungsi untuk menentukan berapa jumlah pergeseran kernel/filter dalam gambar input setiap kali dilakukan operasi konvolusi. **Gambar 3.2** memperlihatkan operasi konvolusi dengan menggunakan 1 stride.

Stride mempengaruhi ukuran output dari operasi konvolusi, yang berarti semakin besar nilai stride, maka semakin kecil ukuran output. Selain itu, stride juga berpengaruh pada jumlah informasi yang dapat diambil dalam data input. Semakin besar nilai stride, jumlah informasi yang diambil akan semakin sedikit. Sebaliknya, stride dengan nilai kecil dapat mempertahankan lebih banyak informasi dari data input (Heaton & Heaton, 2013).

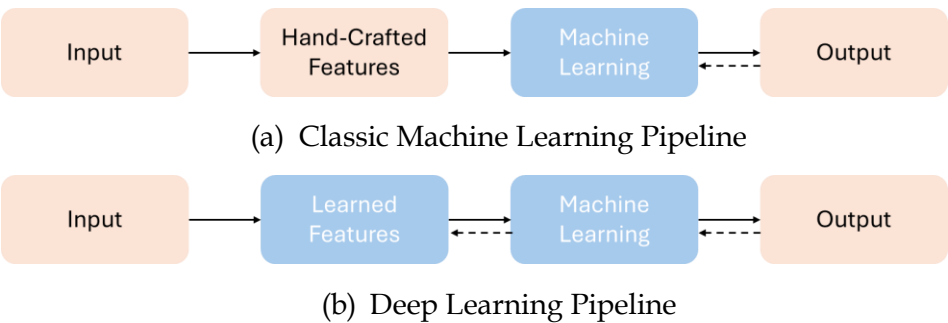
Pada banyak model CNN, stride biasanya didefinisikan bernilai 1, yang berarti pergerakan kernel/filter akan bergeser sebanyak 1 piksel secara horizontal dan vertikal, sehingga tidak ada piksel yang dilewati selama proses konvolusi berjalan. Namun ada juga beberapa penelitian yang menggunakan stride lebih dari 1. Biasanya model CNN yang menggunakan stride lebih dari 1 menginginkan proses konvolusi yang cenderung cepat dan lebih ringan. Selain itu, pengurangan overfitting juga dapat dilakukan dengan menggunakan stride lebih dari 1 agar jumlah parameter yang harus dipelajari oleh neuron pada layer selanjutnya berkurang.

3.4 *Deep Learning dan Perbandingannya dengan Machine Learning*

Dalam perjalanan perkembangannya, *deep learning* diperkenalkan sebagai lanjutan dari konsep *machine learning*. *Deep learning* sendiri hadir untuk menjawab limitasi dari *machine learning* dan membawa kecerdasan buatan pada babak baru dengan data yang lebih kompleks dan tugas yang lebih rumit (Suyanto, 2007). Pada dasarnya, *deep learning* merupakan sub bidang dari *machine learning*. Namun pada *deep learning* berfokus menggunakan dan mengembangkan *neural networks* dengan banyak

lapisan. Sehingga *deep neural networks* dapat memproses data yang kompleks dan berjumlah banyak.

Machine learning menghadirkan berbagai macam teknik pembelajaran secara mandiri untuk sistem komputer yang biasanya memiliki struktur sederhana, contohnya regresi linear dan *decision tree*. Fitur-fitur yang digunakan dalam teknik *machine learning* biasanya diekstraksi secara manual. Dibandingkan dengan *deep learning* yang menggunakan arsitektur *neural networks* yang lebih kompleks. Sehingga memungkinkan untuk pembelajaran mandiri bahkan dari data yang mentah tanpa perlu dilakukan ekstraksi fitur secara manual (Aggarwal, 2018; Goodfellow et al., 2016; Szeliski, 2022.).



Gambar 3.5 Ilustrasi *pipeline* machine learning dan deep learning
(Sumber: Szeliski, 2022)

Diketahui bahwa data merupakan sesuatu yang sangat penting baik dalam *machine learning* maupun *deep learning*. Dengan data, sebuah sistem komputer yang menggunakan teknik *machine learning* maupun *deep learning* dapat belajar secara mandiri. Data memegang peranan penting untuk kinerja model yang lebih baik dan menghasilkan output yang sesuai. Pada *machine learning*, proses ekstraksi fitur dilakukan secara manual. Hal ini berguna untuk memastikan bahwa fitur yang diekstrak dari data input mampu berperan aktif untuk meningkatkan kinerja model. Berbeda dengan *deep learning* yang melakukan ekstraksi fitur secara mandiri. Sehingga *deep learning* lebih sering digunakan pada data yang kompleks dan abstrak.

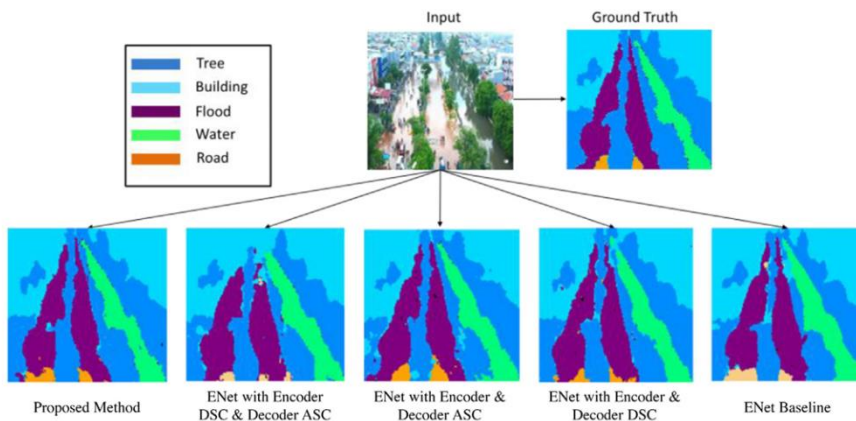
Meskipun kedua konsep ini terkesan memiliki konsep yang sama, yaitu membuat sistem komputer belajar dan bekerja secara mandiri.

Namun pada implementasinya untuk menyelesaikan permasalahan nyata sangatlah berbeda. *Deep learning* sendiri menjadi populer akhir-akhir ini karena kemampuannya mempelajari data yang rumit dan berjumlah banyak dengan hasil yang memiliki tingkat akurasi sangat baik, khususnya dalam bidang pengolahan gambar, pengenalan suara, dan pemrosesan bahasa alami.

3.5 Penelitian *Neural Network* dan *Deep Learning* Saat Ini

Telah dijelaskan sebelumnya, bahwa penelitian tentang *neural networks* dan *deep learning* sudah ada sejak tahun 1943. Namun karena keterbatasan komputasi dan data membuat minat akan penelitian *neural networks* dan *deep learning* sempat terhenti. Saat ini, penelitian *neural networks* dan *deep learning* sangatlah berkembang pesat dan masif yang membawa kemajuan teknologi yang sangat signifikan (Suyanto, 2007).

Penelitian yang berhubungan dengan pengembangan model CNN untuk segmentasi semantik oleh (Inthizami et al., 2022). Penelitian ini berfokus untuk mengembangkan model CNN untuk tugas segmentasi semantik pada citra banjir. Segmentasi semantik sendiri merupakan tugas dalam visi komputer yang mengharuskan komputer untuk mengenali setiap objek dalam sebuah citra. Sehingga setiap objek akan dibedakan berdasarkan kelas warnanya.



Gambar 3.6 Hasil segmentasi semantik pada salah satu citra banjir menggunakan model CNN yang diusulkan
(Sumber: Inthizami et al., 2022)

Penelitian ini melakukan pengembangan pada Enet (Paszke et al., 2016), sebuah model CNN untuk segmentasi semantik yang ringan tapi tetap memiliki kinerja yang cukup baik. Penelitian ini secara khusus melakukan perombakan pada arsitektur Enet dengan mengganti seluruh *convolutional layer* menjadi *depthwise convolutional* dan *atrous convolutional*. Penelitian ini memiliki tujuan utama untuk mengembangkan model CNN untuk segmentasi semantik pada data citra banjir yang ringan, cepat, dan berkinerja baik.

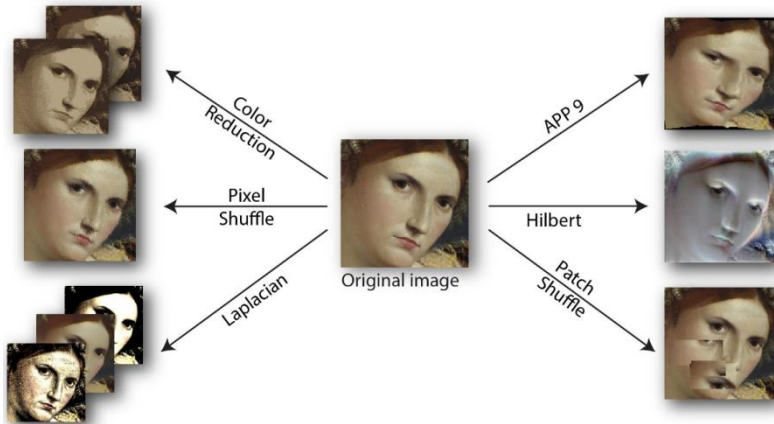
Pada subbab sebelumnya dijelaskan bahwa data memegang peranan penting dalam pembelajaran mesin dengan menggunakan deep learning. Sekumpulan data atau yang lebih dikenal dengan sebutan *dataset* merupakan data berjumlah banyak yang digunakan untuk melatih model CNN dimana dataset ini biasanya dibagi menjadi tiga bagian yaitu, data latih, data tes, dan data validasi (Goodfellow et al., 2016). Penelitian yang berhubungan dengan pembuatan data citra untuk model CNN dilakukan oleh (Intizhami et al., 2023). Penelitian ini secara khusus berfokus pada membuat data citra untuk model CNN dengan tugas segmentasi semantik. Penelitian ini menggunakan data citra banjir yang kemudian dilakukan anotasi data dengan memberi label warna pada setiap objek dalam gambar banjir.



Gambar 3.7 Contoh gambar asli dan gambar yang telah dianotasi
(Sumber: Intizhami et al., 2023)

Penelitian yang berhubungan dengan teknik penyajian data untuk model CNN dilakukan oleh (Bravin et al., 2023), khususnya pada teknik data augmentation. Data augmentation sendiri merupakan teknik untuk

meningkatkan jumlah data pelatihan untuk model CNN dengan membuat variasi kecil pada data yang ada, seperti rotasi, pemotongan, dan lainnya. Penelitian ini memperkenalkan teknik data augmentation baru dan diterapkan pada 15 dataset citra berbeda. Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa teknik data augmentation yang diperkenalkan mampu membantu model CNN dalam pembelajaran secara mandiri dan memberikan hasil yang baik.



Gambar 3.8 Contoh gambar asli dan gambar hasil teknik augmentasi yang diusulkan
(Sumber: Bravin et al., 2023)

Saat ini, penelitian neural network dan *deep learning* terus berlangsung. Keingintahuan dan ketergantungan manusia terhadap komputer membuat penelitian *neural networks* dan *deep learning* berjalan cepat dan begitu beragam. Dengan fokus penelitian pada pengembangan arsitektur, algoritma pelatihan yang efisien, dan penerapannya dalam berbagai bidang, penelitian ini terus memperluas kemampuan dan pemahaman manusia tentang pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan. Penelitian-penelitian yang dilakukan juga diharapkan mampu untuk diterapkan secara luas sebagai solusi dari permasalahan nyata yang terjadi saat ini maupun di masa depan.

Bab 4

ALGORITMA PENCARIAN HEURISTIK

Istilah heuristik pertama kali digunakan dalam *International Abstracts of OR* pada tahun 1960 pada sebuah makalah berbahasa Prancis. Pada pertengahan 1960-an istilah heuristik mulai marak digunakan. Kata heuristik sendiri berasal dari bahasa Yunani yakni dari kata *heuriskein* yang berarti *menemukan*. Secara umum heuristik dapat diartikan sebagai metode untuk menemukan solusi yang optimum. Heuristic juga dikenal sebagai teknik estimasi atau perkiraan.

Algoritma pencarian heuristic merupakan teknik kecerdasan buatan yang digunakan untuk mencari solusi yang optimal. Tujuan utama teknik pencarian heuristic adalah untuk membangun model yang mudah dipahami dan mampu menemukan solusi yang baik dengan waktu komputasi yang wajar (Salhi, 2017).

Banyak aplikasi dunia nyata dapat dimodelkan dengan baik menggunakan teknik optimasi klasik seperti linear programming, integer programming, dynamic programming (DP), non-linear programming, dan metode berbasis network. Namun ada banyak aplikasi memiliki efek kombinatorial yaitu kompleksitas masalah bertumbuh secara eksponensial seiring bertambahnya faktor atau fitur yang diperhitungkan sehingga teknik optimasi standar tersebut di atas tidak cocok diterapkan. Penyebabnya karena komputer akan memerlukan waktu eksekusi yang lebih lama dan ruang memori yang besar untuk menemukan solusi optimal.

Salah satu topik yang sangat penting dalam komputasi adalah validasi algoritma, estimasi kompleksitas dan optimalisasi. Secara umum, kompleksitas sebuah pekerjaan dapat diperiksa dengan mempelajari sumber daya komputasi yang paling relevan seperti memori dan waktu

eksekusi. Memecahkan permasalahan-permasalahan yang ada dalam sebuah pekerjaan dengan memori dan waktu eksekusi yang terbatas sangat sulit dilakukan karena cenderung berhubungan dengan analisis kumpulan data yang sangat besar. Apalagi ketika solusi optimal tidak diketahui, menemukan solusi terbaik dapat menjadi tantangan yang lebih sulit sehingga membutuhkan analisis matematis yang kuat.

Metode aproksimasi dapat dibagi dalam dua sub kelas algoritma yang berbeda yaitu algoritma aproksimasi dan algoritma heuristik. Algoritma heuristik selalu menemukan solusi dalam waktu yang relatif cepat, namun tidak menjamin solusi yang ditemukan adalah solusi optimal. Sedangkan algoritma aproksimasi menyediakan solusi yang mendekati optimal dengan jaminan kualitas solusi. Artinya solusi yang dihasilkan akan berada dalam batas tertentu dari solusi optimal.

Secara umum, heuristic tidak memiliki jaminan aproksimasi pada solusi yang ditemukan. Heuristik ini dapat di klasifikasikan dalam dua kelompok yaitu heuristik spesifik dan metaheuristic. Heuristik spesifik dirancang untuk menyelesaikan kasus spesifik saja sedangkan metaheuristic merupakan algoritma yang dapat diterapkan di berbagai masalah optimasi. Metaheuristic dapat dikatakan sebagai metodologi optimasi level tinggi yang dapat digunakan sebagai strategi panduan dalam mendesain algoritma heuristik untuk menyelesaikan masalah optimasi yang spesifik. Oleh karena itu, algoritma metaheuristic berkembang pesat di kalangan para peneliti dan pengembang sistem kecerdasan buatan.

Di tahun 2023, lebih dari 500 algoritma metaheuristic telah dikembangkan, 350 algoritma diantaranya dikembangkan dalam satu dekade terakhir. Namun mayoritas algoritma metaheuristic terbaru kurang orisinal dan menyerupai beberapa algoritma terdahulu seperti algoritma optimasi kawanan partikel (PSO), algoritma genetika (GA), algoritma differensial, algoritma optimasi koloni semut, dan algoritma kolonisasi lebah buatan (Rajwar et al., 2023).

Pada bab ini kita akan membahas lebih mendalam mengenai taksonomi algoritma metaheuristic dan penerapannya.

4.1 Taksonomi Algoritma Metaheuristic

Pengelompokan algoritma metaheuristic dapat dilakukan dengan beberapa cara. Rajwar et al. (2023) mengelompokkan algoritma metaheuristic dengan 3 cara yaitu berdasarkan sumber inspirasi algoritma, berdasarkan jumlah agen yang digunakan pada setiap iterasi dan berdasarkan jumlah parameter yang digunakan. Sedangkan Molina et al. (2020) mengelompokkan algoritma berdasarkan bentuk pergerakan agen. Bagian berikut ini akan membahas taksonomi algoritma metaheuristic berdasarkan sumber inspirasi dan jumlah agen.

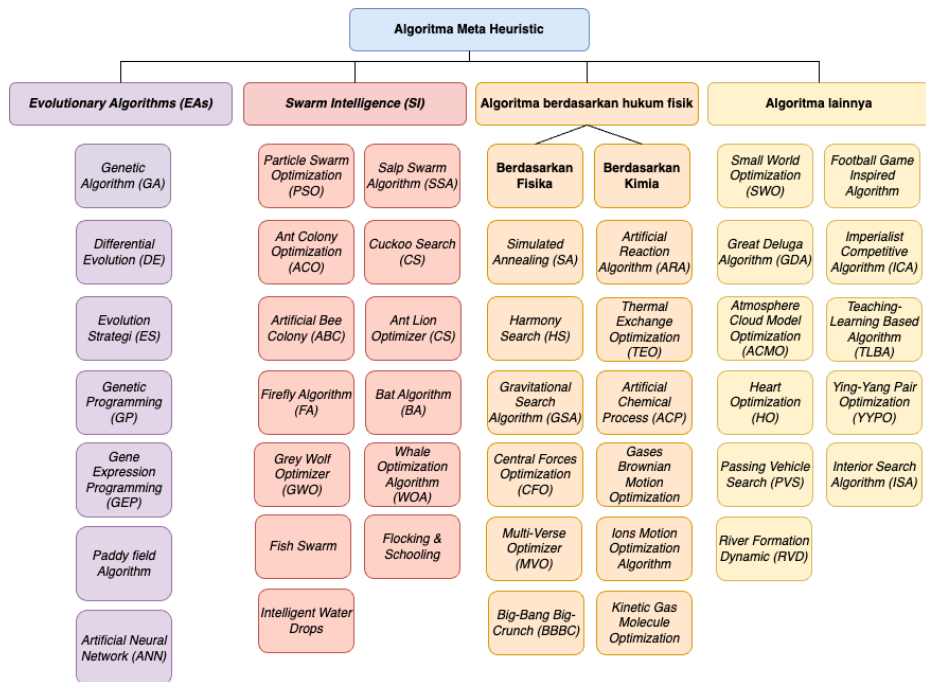
4.1.1 Taksonomi Berdasarkan Sumber Inspirasi

Banyak algoritma metaheuristik terinspirasi dari fenomena alam atau fenomena biologi. Rajwar et al. (2023) membagi algoritma berdasarkan sumber inspirasi ke dalam 4 kelompok yaitu Algoritma evolusioner (*Evolutionary Algorithms*) atau EAs, algoritma kecerdasan berkoloni (*Swarm Intelligence*) atau SI, algoritma berdasarkan hukum fisika (*Physical lawbased algorithms*), dan terakhir adalah algoritma lainnya. Pengelompokan berdasarkan sumber inspirasi bisa dilihat pada **Gambar 4.1**

4.1.1.1 Algoritma Evolusioner

Algoritma evolusioner mengacu pada teori evolusi Darwin dimana individu yang dapat beradaptasi dengan lingkungan yang dapat bertahan hidup. Algoritma ini dimulai dari satu populasi atau satu kelompok individu yang berkembang biak untuk membuat generasi keturunannya dan mengalami mutasi gen. Proses ini berulang terus menerus untuk mendapatkan individu dengan materi genetic yang cocok dengan lingkungan tertentu dan mengeliminasi materi genetic yang lemah. Algoritma yang menggunakan metode seperti ini adalah algoritma genetika (GA), evolusi diferensial (DE), strategi evolusi, pemrograman genetika dan sebagainya.

Penelitian dan paten teknologi menggunakan algoritma evolusioner dirangkum dalam literatur (Slowik & Kwasnicka, 2020).



Gambar 4.1 Taksonomi algoritma meta heuristic berdasarkan sumber inspirasi

(Sumber: Slowik & Kwasnicka, 2020)

4.1.1.2 Kecerdasan Berkoloni

Kecerdasan berkoloni atau *Swarm Intelligence* merupakan algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari hewan yang hidup secara berkoloni seperti semut, burung dan lebah. Hewan yang hidup berkoloni mampu berkordinasi tanpa pusat kontrol dengan mengandalkan komunikasi dan berbagi pengetahuan kepada koloni untuk mencari makan. Kemampuan ini menginspirasi peneliti mengembangkan algoritma pencarian metaheuristic. Contohnya algoritma optimasi kawanan semut (ACO) yang terinspirasi dari kemampuan koloni semut mengikuti jejak feromon dan membangun solusi secara kolaboratif dalam mencari makan, algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) yang terinspirasi dari kecerdasan perilaku sosial kawanan burung mencari makan dan pasangan, algoritma *monkey search* (MS) yang terinspirasi dari kawanan monyet yang memanjat pohon untuk mencari makan dan masih banyak lagi.

4.1.1.3 Algoritma Teinspirasi Hukum Fisika

Inspirasi algoritma metaheuristic juga banyak bersumber dari hukum Fisika. Bagian ini dibagi 2 yaitu inspirasi dari hukum fisika dan dan hukum kimia.

a. Hukum Fisika

Beberapa sumber inspirasi algoritma metaheuristik adalah gravitasi, teori big bang, black hole, dan galaksi. Sebuah black hole yang dapat menelan bintang-bintang dan pembentukan alam semesta menginspirasi algoritma black hole (Hatamlou, 2013), Struktur dan formasi galaksi di alam menginspirasi terciptanya algoritma pencarian galaksi (Hosseini, 2011), teori evolusi alam semesta atau teori big bang menginspirasi lahirnya algoritma *big-bang big crunch optimization* (Erol & Eksin, 2006), Hukum Newton tentang gaya gravitasi dan gerak menginspirasi lahirnya algoritma *Gravitational Search Algorithm* (Rashedi et al., 2009).

Selain itu, masih ada beberapa algoritma seperti Harmony Search yang terinspirasi dari improvisasi musik untuk menemukan harmoni music yang baik (Kim, 2016). Algoritma *Simulated Annealing* (Kirkpatrick et al., 1983) terinspirasi dari proses anil metalurgi khususnya pada proses peningkatan sifat-sifat fisik dan mekanik material logam melalui proses pemanasan dan pendinginan logam sehingga diperoleh logam sesuai kebutuhan aplikasi. Algoritma lain yang juga terinspirasi dari hukum fisika adalah *Central Force Optimization*, *Multi-Vers Optimizer*, *electro-magnetism optimization* dan masih banyak lagi.

b. Hukum Kimia

Beberapa algoritma metaheuristic juga terinspirasi dari prinsip kimia seperti reaksi molekuler yang menginspirasi lahirnya algoritma *Chemical Reaction Optimization* (CRO) dan algoritma *Molecular Optimization Algorithm* (MOA), pergerakan brownian yang menginspirasi lahirnya algoritma *Gases Brownian Motion Optimization* (GBMO), pergerakan ion yang menginspirasi algoritma *Ions Motion*

Optimization Algorithm (IMOA), radiasi molekuler yang menginspirasi algoritma *Ray Optimization* (ROA) dan sebagainya.

4.1.1.4 Algoritma Lainnya

Algoritma yang dimasukkan dalam kelompok ini sangat beragam, seperti algoritma yang terinspirasi dari teori game, teorema matematika, politik, pikiran buatan, dan lain sebagainya.

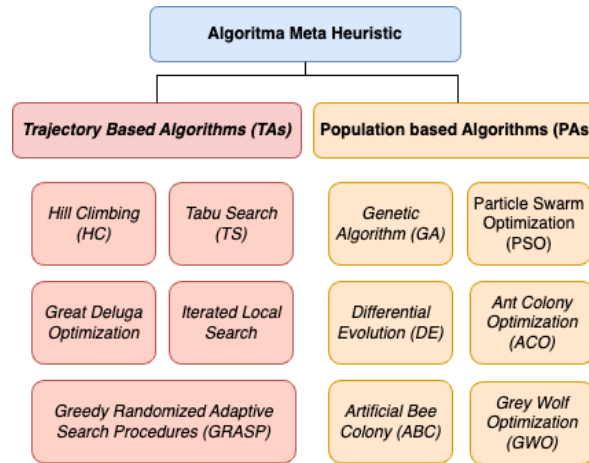
Beberapa algoritma yang dikelompokkan dalam kategori ini adalah algoritma *Heart Optimization* (HO) yang mengikuti optimasi fungsi jantung dan sistem peredaran darah untuk kesehatan, algoritma *atmosphere clouds model optimization* (ACMO) yang mengikuti pembuatan, pergerakan dan penyebaran awan di atmosfer, algoritma *exchange market* (EMA) yang mengikuti sistem perdagangan saham di pasar saham, algoritma *Yin-Yang Pair Optimization* (YYPO) yang mengikuti filosofi keseimbangan dan harmoni yin dan yang dari filsafat taoisme, atau algoritma banjir besar *Great Deluge Algorithm* (GDA) yang terinspirasi dari fenomena alam yaitu banjir besar dan lain sebagainya.

4.1.2 Taksonomi Berdasarkan Jumlah Populasi

Metaheuristik juga dapat dibagi berdasarkan jumlah agen yang dilibatkan dalam menyelesaikan semua tugas. Jika agen merupakan agen tunggal, maka algoritma dikelompokkan ke dalam kelompok algoritma berbasis lintasan (*trajectory based algorithms*) dan jika agen lebih dari satu atau multi agen maka algoritma dikelompokkan ke dalam kelompok algoritma berbasis populasi (*Population based algorithms*).

4.1.2.1 Algoritma Berbasis Lintasan

Algoritma berbasis lintasan merupakan kelompok algoritma dimana perpindahan keadaan (state) atau solusi di setiap iterasi hanya berada dalam satu lintasan. Pada tahap awal, satu agen membuat perkiraan secara acak lalu kemudian disempurnakan di setiap langkah berikutnya. Kebanyakan algoritma heuristic klasik seperti Simulation Annealing (SA), Hill Climbing (HC), Tabu Search (TS), Iterated Local search (ILS), Greedy Randomized Adaptive Search Procedures (GRASP) dan *Great Deluge Algorithm* (GDA) masuk dalam kelompok algoritma berbasis lintasan ini.



Gambar 4.2 Taksonomi algoritma meta heuristic berdasarkan populasi
(Sumber: Rajwar et al., 2023)

4.1.2.2 Algoritma Berbasis Populasi

Algoritma berbasis populasi menggunakan multi agen pencarian untuk mengeksplorasi banyak ruang pencarian dalam satu iterasi sehingga algoritma dalam kategori ini dapat disebut juga sebagai algoritma berbasis eksplorasi. Karena kemampuan ini, algoritma dalam kelompok ini mampu mencari solusi secara global. Contoh algoritma yang termasuk ACO), dan lain sebagainya.

4.2 Penerapan Algoritma Metaheuristik

Algoritma metaheuristic banyak dikembangkan untuk mengatasi masalah optimasi di berbagai bidang. Pada bagian ini, kita akan membahas aplikasi menggunakan algoritma metaheuristic di beberapa bidang di antaranya di bidang medis, semantik web, industry, IoT, dan pertanian. Pada bagian ini kita akan membahas penerapan metaheuristic pada bidang medis, semantic web, dan pertanian.

4.2.1 Bidang Medis

Saat ini berbagai perangkat medis menggunakan chip elektronik dan komputer untuk berbagai keperluan seperti mesin pencitraan medis, perangkat perawatan, perangkat diagnosa dan pemantauan pasien dan sebagainya. Banyak dari perangkat tersebut dilengkapi dengan aplikasi kecerdasan buatan yang menggunakan algoritma meta heuristic.

Algoritma meta heuristic banyak dimanfaatkan untuk melakukan seleksi fitur untuk memperkecil fitur seleksi dan meningkatkan akurasi deteksi.

Mahendru & Agarwal (2019) mengembangkan gabungan berbagai algoritma meta heuristic untuk mendiagnosa kanker payudara, penyakit Parkinson, aritmia dan penyakit jantung tertentu berdasarkan citra X-ray. Dataset diolah menggunakan gabungan model *Fuzzy C-Means*, *Self-Organizing Maps (SOM)* dan *Differential Evolution (DE)*. Dengan memanfaatkan beberapa algoritma meta heuristic termasuk SVM pencarian mundur (*backward search*), *Particle Swarm Optimization*, PCA untuk *greedy search*, *breath first search*, *genetic search*, *scatter search*, fitur dataset yang besar dapat diubah menjadi lebih kecil dan lebih baik serta menghasilkan akurasi diagnose penyakit lebih akurat.

Shahamat et al. (2020) menggunakan algoritma CNN 3 dimensi untuk mengklasifikasikan gambar hasil pindai MRI dan algoritma genetika (GA) untuk mencari area otak pada hasil pindai MRI yang dapat memberi informasi penting dan signifikan. Pengujian framework ini dilakukan menggunakan dataset MRI otak untuk mengklasifikasikan penyakit alzheimer dan pada dataset MRI untuk mengklasifikasikan penyakit autisme dan menghasilkan akurasi yang lebih baik.

Algoritma heuristic juga banyak dikembangkan untuk mendeteksi penyakit kanker. Contohnya adalah aplikasi pendeteksi kanker mulut yang menggunakan algoritma *Particle Swarm* dan *Al-Birun Earth Radius Optimization* sebagai metode untuk mendukung CNN dalam mendeteksi kanker dari gambar yang lebih akurat (Myriam et al., 2023) dan sistem pendeteksi kanker kulit dengan menggunakan Teknik optimasi jaringan syaraf tiruan yang digabungkan berbasis *grey wolf optimizer* dan PSO (Bi et al., 2021).

4.2.2 Semantik Web

Semantic web adalah bagian dari world wide web yang dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pencarian data di internet. World wide web memiliki ribuan halaman website. Penggunaan meta heuristic pada world wide web bertujuan untuk pencarian konten dengan hasil pencarian yang lebih relevan, penambahan konten dan pengelompokan

web. Salah satu contoh aplikasi pencarian yang menggunakan heuristic dan banyak digunakan adalah google.

Klastering halaman web sangat penting dalam tahap pemrosesan awal penambangan konten. (Mahdavi et al., 2008) mengembangkan algoritma meta heuristik Harmony Search berbasis klastering untuk klasterisasi halaman web sedangkan (Kotekar & Sowmya Kamath, 2018) menggunakan algoritma *Cat Swarm Optimization* (CSO). Untuk melakukan penambangan konten web, algoritma genetika digunakan untuk mengembangkan sebuah sistem yang menyaring informasi yang relevan sesuai kebutuhan (Johnson & Kumar, 2013).

Meta heuristic juga sering dijadikan sebagai algoritma untuk memilih fitur yang sesuai dalam klasifikasi objek termasuk dalam klasifikasi kualitas halaman web (Kumar & Arora, 2021).

4.2.3 Pertanian Cerdas

Kecerdasan buatan di bidang pertanian saat ini sedang menjadi tren untuk membangun sistem pertanian yang lebih presisi, mudah, efisien, ramah lingkungan dan berkelanjutan. Sistem pertanian ini dilengkapi dengan teknologi tingkat tinggi seperti sensor nirkabel, IoT, big data dan kecerdasan buatan. Penelitian menggunakan algoritma metaheuristic untuk pertanian cerdas sudah banyak dilakukan, misalnya perancangan sistem irigasi dan perencanaan irigasi jangka panjang serta mitigasi perubahan iklim (Maier et al., 2019). Selain itu, penelitian yang dilakukan Purdarbani et al (Pourdarbani et al., 2022) menggunakan metaheuristic yang digabungkan dengan NIR spectroscopy untuk memprediksi keasaman dan pH apel fuji. Algoritma berbasis *Adaptive Parallel Optimization Algorithm* (APOA) dapat digunakan untuk mendeteksi adanya penyakit dengan melakukan pengamatan pada daun tanaman (Kar, 2016). Selain itu, algoritma genetika digunakan untuk memprediksi kondisi lingkungan seperti adanya nitrogen pada lahan pertanian (Peerlinck et al., 2019).

Algoritma genetika sangat banyak digunakan karena algoritma ini melakukan optimasi sangat baik dalam penerapan pestisida dan perancangan jalur mesin pertanian. Selain GA, algoritma seperti Cuckoo, firefly, ACO, ABC, dan AFSOA (*Adaptive Firefly Swarm Optimization*

Algorithm) sangat berguna dalam perencanaan penggunaan lahan, optimasi hasil panen, optimasi penggunaan air, pestisida dan herbisida serta pupuk bahkan manajemen hasil panen buah dan sayuran (Maraveas et al., 2023)

4.3 Kesimpulan

Metaheuristik adalah metode atau algoritma yang digunakan untuk mencari solusi yang mendekati optimal untuk masalah optimasi yang kompleks, di mana solusi eksak mungkin tidak praktis untuk ditemukan dalam waktu yang wajar. Metaheuristik tidak menjamin solusi optimal, tetapi berfokus pada menemukan solusi yang cukup baik dengan efisiensi waktu yang lebih tinggi.

Algoritma ini dapat diterapkan di berbagai jenis masalah optimasi. Dalam penerapannya, banyak peneliti yang melakukan penggabungan beberapa algoritma metaheuristik untuk mendapatkan solusi yang optimal dan kinerja yang lebih tinggi.

Bab 5

PENGOLAHAN BAHASA ALAMI (NATURAL LANGUAGE PROCESSING)

5.1 Pengantar Pemrosesan Bahasa Alami

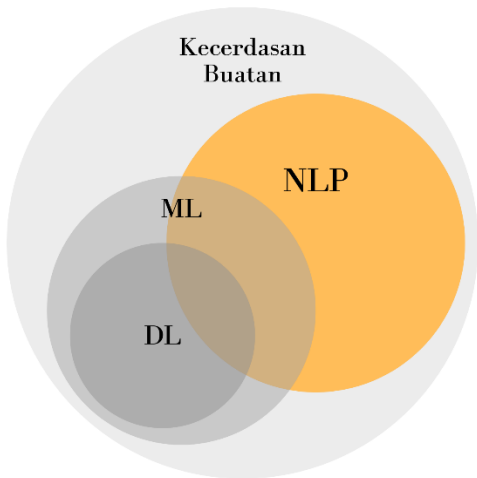
Bahasa alami umumnya merupakan bahasa yang digunakan dalam keseharian manusia dalam berinteraksi satu sama lain. Agar komputer dapat memahami bahasa alami, tentu diperlukan pemrosesan agar komputer dapat memahami bahasa alami. Pemrosesan Bahasa Alami atau lebih sering dikenal sebagai *Natural Language Processing* (NLP) adalah cabang ilmu pengetahuan dalam bidang kecerdasan buatan yang mengkaji kemampuan komputer dalam memahami, menganalisis, dan menghasilkan bahasa alami (Bird et al., 2009; Eisenstein, 2019; Hendrawan & Utami, 2023; Rantung, 2023; Sebastian et al., 2022).

Sejak kemunculannya pada tahun 1950an, NLP telah mencapai kemajuan besar seiring dengan kemajuan teknologi komputer dan kecerdasan buatan. Pengembangan awalnya berfokus pada pengembangan algoritma untuk menerjemahkan bahasa alami ke dalam bahasa mesin, dengan fokus pada tata bahasa dan *parsing*. Selama tahun 1990an dan awal 2000an, minat terhadap penelitian NLP meningkat, terutama dengan munculnya korpora (*corpus*) yang lebih besar dan perangkat lunak yang lebih canggih. Sejak itu, perkembangan NLP meningkat dan berpotensi menjadi bagian revolusi cara manusia berinteraksi dengan mesin dalam kehidupan sehari-hari.

Kebutuhan akan komputer yang mampu memahami bahasa manusia menjadi semakin mendesak seiring dengan kemajuan teknologi yang pesat dan kebutuhan akan interaksi manusia yang lebih mendalam dengan mesin. Namun, memahami bahasa manusia bukanlah tugas yang

mudah bagi komputer, karena bahasa manusia rumit dan sering kali ambigu (Bird et al., 2009; Eisenstein, 2019). Pemrosesan bahasa manusia melibatkan pemahaman makna kata, struktur kalimat, dan konteks teks, yang merupakan tantangan tersendiri.

Keberadaan NLP dalam cabang ilmu ini sangat erat kaitannya pada pengembangan *machine learning* (ML) dan *deep learning* (DL) (**Gambar 5.1**). NLP adalah hasil integrasi linguistik komputasi dengan model statistik, *machine learning*, dan *deep learning*. Melalui perpaduan teknologi tersebut, komputer dapat memahami dan mengolah bahasa manusia baik berupa teks maupun audio. Pada penerapannya dalam tugas NLP menggunakan algoritma klasifikasi seperti *name entity recognition* (NER) (Guo et al., 2023; Nuranti & Yulianti, 2020), analisis sentimen (Chaturvedi et al., 2017; Kurniawan & Budi, 2020), *summarization* (Yulianti et al., 2023), dll.



Gambar 5.1 Keberadaan NLP dalam bidang ilmu kecerdasan buatan
(Sumber: Guo et al., 2023)

Secara konseptual, NLP memungkinkan komputer untuk "membaca", "mendengar", dan "berbicara" dalam bahasa manusia. Dengan menggunakan berbagai teknik dan algoritma, NLP memungkinkan komputer untuk lebih memahami bahasa manusia. Kemajuan teknologi dan penelitian yang berkelanjutan, bidang NLP terus berkembang, memberikan kontribusi penting dalam berbagai bidang

termasuk pengambilan informasi, penjawab pertanyaan (QA), analisis sentimen, ringkasan teks, dan banyak lagi. NLP berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja dalam berbagai aspek kehidupan seperti pendidikan, kesehatan, bisnis dan lain-lain (Hendrawan & Utami, 2023).

Saat ini penerapan NLP sangat erat interaksinya dalam kehidupan kita sehari-hari. NLP bukan hanya mendukung beberapa aplikasi yang sering kali digunakan seperti mesin translasi, pengenalan suara, dan lainnya, tetapi NLP telah memasuki era baru dengan kemunculan model bahasa yang semakin kompleks yaitu *large language model* (Devlin et al., 2018). Model bahasa tersebut lebih memungkinkan NLP dalam memahami dan menghasilkan bahasa yang lebih alami dan canggih. Contoh nyata penerapan model bahasa ini adalah ChatGPT (*Chat Generative Pre-trained Transformer*) yang telah merevolusi cara manusia memperoleh dan menerima informasi. Aplikasi ini memungkinkan kita dalam berinteraksi dengan *chatbot* cerdas yang dapat menjawab pertanyaan, menghasilkan teks kreatif, dan bahkan membantu menyelesaikan tugas (Chavez et al., 2023).

Dalam bab ini kita akan mendalami konsep dasar NLP, tugas dari NLP, serta teknik umum yang digunakan. Memahami berbagai tugas yang dapat diselesaikan dengan menggunakan pemrosesan bahasa alami (NLP) dan langkah-langkah yang diperlukan untuk menggunakannya dalam konteks kecerdasan buatan akan membantu dalam memahami dan mendapatkan manfaat dari pengenalan bahasa alami. Hal ini menunjukkan potensi besar yang dimiliki NLP. Dari pengolahan kata hingga pengambilan informasi, NLP membuka pintu ke berbagai aplikasi di berbagai industri dan bidang ilmu pengetahuan.

5.2 Tugas yang dapat diselesaikan dengan NLP

Dengan kemampuannya memahami, menganalisis, dan menghasilkan bahasa alami, NLP telah menginspirasi berbagai aplikasi yang mencakup banyak bidang, mulai dari komunikasi hingga pemrosesan informasi. Pembahasan kali ini kita akan mengeksplorasi berbagai tugas yang dapat dilakukan NLP, tidak terbatas pada

penerjemahan bahasa, analisis sentimen, pengenalan entitas, pembuatan teks, dan banyak lagi.

5.2.1 Analisis Sentimen

Analisis sentimen adalah proses mengklasifikasikan maksud emosional yang terkandung dari teks. Teknik ini biasanya digunakan untuk mencari tahu cara pandang seseorang terhadap suatu topik, produk, tokoh, maupun layanan. Kelas sentimen yang terkandung dalam teks berupa probabilitas sentimen positif, negatif, atau netral. Sejumlah studi kasus telah memperlihatkan aplikasi praktis dari analisis sentimen di berbagai industri, media sosial, dan survei publik. Informasi yang diberikan dari hasil analisis sentimen memiliki peran yang berharga dalam membuat keputusan bisnis (Chaturvedi et al., 2017), serta mampu menilai opini publik terhadap suatu isu atau peristiwa (Kurniawan & Budi, 2020).

Bukan hanya deteksi emosi yang menjadi fokus dalam analisis sentimen, terdapat tiga jenis pendekatan analisis sentimen lainnya dalam memahami dan menginterpretasikan maksud dari teks (Hendrawan & Utami, 2023). Berikut jenis dari analisis sentimen:

1. *Aspect-based*

Pendekatan ini memfokuskan penilaian terhadap aspek-akspek tertentu dari suatu subjek. Aspek yang dinilai berupa kualitas produk, pelayanan, harga, dan lainnya yang diklasifikasikan secara terpisah dan mendalam.

2. *Fine-grained*

Jenis ini mengidentifikasi sentimen berdasarkan kategori emosi yang lebih detail dan spesifik, misalnya: sangat positif, positif, netral, negatif, dan sangat negatif.

3. *Intent-based*

Tujuan dari pendekatan ini bukan hanya melakukan analisis sentimen pada teks, namun juga melihat niat atau tujuan dari teks atau pernyataan tersebut. Penggunaannya sering kali dikaitkan terhadap teks keluhan, pendapat, pertanyaan, apresiasi, dan lain sebagainya.

5.2.2 *Named Entity Recognition*

Named Entity Recognition (NER) adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengekstrak jenis istilah (label) dari kata-kata dalam teks, seperti: Contoh: nama orang, tempat, tanggal, nama organisasi, dll. (Eisenstein, 2019). Sebagai contoh entitas bernama mencakup nama orang seperti "Jacob Eisenstein", nama tempat seperti "Kota Parepare", nama organisasi seperti "Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie", dan tanggal seperti "1 Januari 2024."

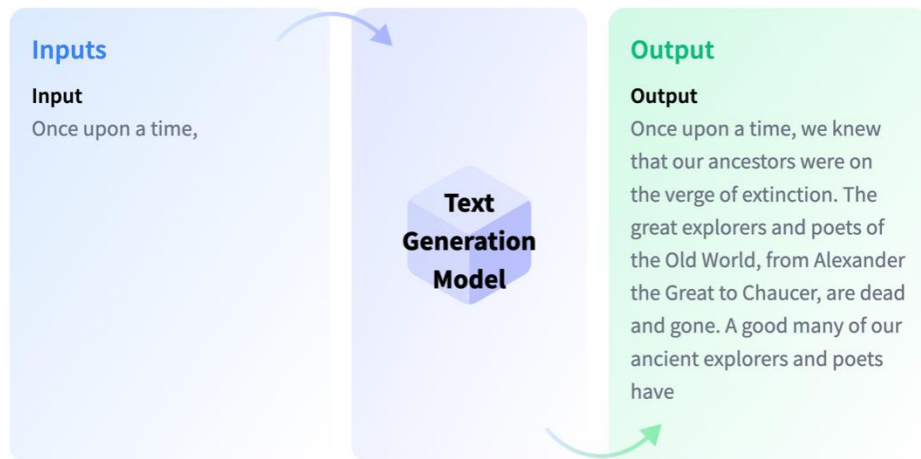
Tujuan utama NER adalah untuk mengenali dan memahami entitas kata dalam konteks teks secara mendalam. Kemampuan untuk mengekstrak entitas dari teks memungkinkan penerapan yang luas di berbagai bidang. Biasanya pemberian label entitas dikhususkan pada domain tertentu seperti pada dokumen catatan kesehatan pasien, label entitas yang penting dikenali adalah penyakit, gejala, diagnosis, pemeriksaan, dll. (Guo et al., 2023). Contoh lain pada dokumen peradilan pidana yang merupakan domain hukum, tentu pengenalan entitas yang dilakukan tidak sama dengan dokumen catatan kesehatan pasien. Entitas yang dikenali untuk domain hukum yaitu nomor putusan, amar, peraturan, putusan hukuman, dll. (Nuranti & Yulianti, 2020). Dari kedua domain tersebut dapat dilihat bahwa NER membantu mengidentifikasi informasi penting sesuai dengan bidang atau domain yang dihadapi. Selain itu, NER dapat digunakan untuk analisis teks dengan menemukan entitas terkait dan memahami konteksnya, sehingga memungkinkan analisis teks yang lebih mendalam. Penggunaan NER dalam pemodelan bahasa jawa dapat membantu dalam membuat model bahasa yang lebih canggih dan akurat dengan mempertimbangkan entitas yang terdapat dalam teks.

Pendekatan yang digunakan dalam NER mencakup berbagai metode, mulai dari teknik *rule based*, *machine learning*, hingga *deep learning*. Dengan menggunakan aturan linguistik atau fitur statistik, sistem NER dapat mempelajari pola dalam teks dan secara otomatis mengenali entitas ini (Bird et al., 2009; Eisenstein, 2019). Kasus penggunaan NER sangat beragam, mulai dari ekstraksi informasi dalam teks berita, analisis teks di media sosial, hingga pemodelan bahasa untuk memperluas pemahaman

konten tekstual (Yadav & Bethard, 2018). Kemampuan untuk mengenali dan mengekstrak entitas menjadikan NER sebagai komponen utama dari berbagai aplikasi analisis dan pemrosesan teks NLP.

5.2.3 *Text Generation*

Text Generation merupakan salah satu bidang dalam NLP yang berfokus pada pengembangan teknologi untuk menghasilkan teks baru. Ini juga termasuk bidang NLP yang sangat berkembang pesat dengan kemunculan *Large Language Models* (LLM) (Face, 2023). Sebagai contoh, model *text generation* mampu melengkapi teks atau sebuah paragraf (Gambar 5.2).



Gambar 5.2 Contoh cara kerja *text generation model*
(Sumber: Face, 2023)

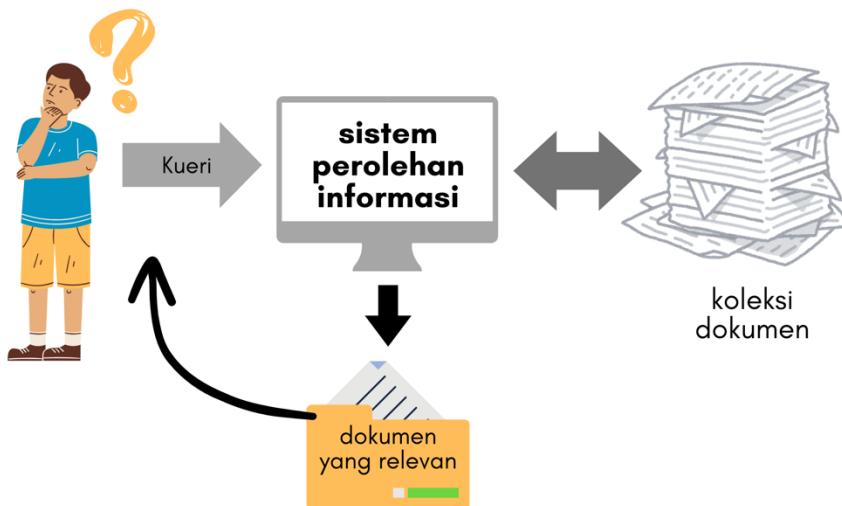
Cakupan dari *text generation* bukan hanya sebatas melengkapi teks, namun juga mencakup bidang seperti *automated summarization* (menciptakan ringkasan informatif dari teks), *machine translation* (menerjemahkan teks dari satu bahasa ke bahasa lain), *creative text generation* (membuat teks kreatif, seperti puisi atau bahkan *programming code*), dan juga *Chatbots* (memungkinkan manusia berinteraksi langsung dengan komputer).

5.2.4 *Information Retrieval*

Information retrieval (IR), atau perolehan informasi merupakan salah satu bidang NLP yang berkaitan dengan pengelolaan dan pencarian

informasi dari suatu koleksi korpora (Manning et al., 2009). Ilustrasi Information retrieval dibangun berdasarkan dua komponen utama yaitu: pengembangan representasi dokumen berupa *indexing* dan pemrosesan kueri pengguna. Representasi dokumen mengarah kepada mengubah konten dokumen menjadi format yang dapat diproses mesin, seperti model vektor spasial yang mewakili kata-kata dan hubungannya dalam dokumen. Pemrosesan kueri yaitu membandingkan kueri pengguna (kata kunci pencarian) dan representasi dokumen untuk menemukan dokumen yang paling relevan.

Alur kerja sistem pencarian informasi "IR" mencakup empat proses utama (Russell et al., 2010) sesuai dengan **Gambar 5.3**.



Gambar 5.3 Alur kerja dari sistem perolehan informasi
(Sumber: Russell et al., 2010)

1. Kebutuhan pengguna (masalah pengguna): Proses ini dimulai dengan pengguna memiliki kebutuhan atau masalah tertentu yang memerlukan informasi. Ini bisa berupa pertanyaan, permintaan, atau kebutuhan akan pengetahuan khusus.
2. *Query*: Setelah pengguna mengetahui kebutuhan informasinya, langkah selanjutnya adalah membuat pertanyaan atau kata kunci (kueri) untuk mencari informasi tersebut. Kueri ini terdiri dari kata kunci, frasa, atau kalimat yang mencerminkan kebutuhan pengguna tentang apa yang ingin diperoleh.

3. Koleksi dokumen : Sistem IR mengambil informasi dari koleksi dokumen yang dimiliki. Koleksi dokumen ini biasanya dinamakan korpus. Kumpulan dokumen ini mencakup berbagai jenis dokumen, dapat berupa teks, termasuk artikel, laporan, buku, dan situs web.
4. Dokumen terkait kueri (output): Output sistem IR adalah dokumen yang dianggap relevan dengan kueri pengguna. Ini bisa berupa daftar dokumen yang diurutkan berdasarkan relevansinya dengan kueri. Pengguna dapat meninjau dokumen-dokumen ini untuk memperoleh informasi yang mereka perlukan.

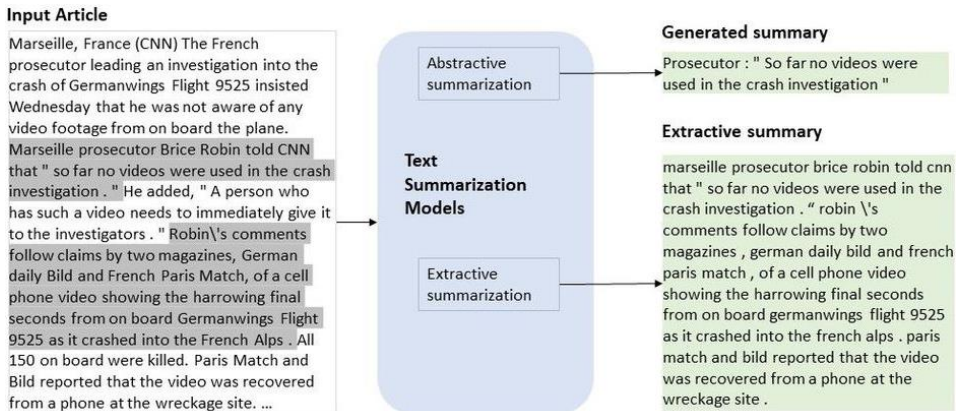
Fokus utama dalam pengembangan *information retrieval* adalah pada peningkatan kecepatan akses, akurasi, dan relevansi. Adapun aplikasi yang menggunakan penerapan IR meliputi mesin pencari web (Google, Bing, dsb), database putusan peradilan mahkamah agung Republik Indonesia, *digital libraries*, manajemen dokumen perusahaan, dan media sosial. Seiring dengan pertumbuhan jumlah data yang pesat, inovasi berkelanjutan dalam teknologi pencarian informasi sangat penting untuk membantu pengguna menemukan informasi yang mereka perlukan secara efisien dari kumpulan data yang besar dan kompleks.

5.2.5 Summarization

Summarization atau membuat ringkasan memiliki tujuan untuk mengambil inti dari informasi dari suatu teks yang lebih panjang agar lebih ringkas dan lebih mudah dipahami. Meskipun menangkap informasi agar lebih singkat tentunya tetap memperhatikan struktur semantik teks. Terdapat dua jenis ringkasan teks utama (Eisenstein, 2019) dapat dilihat sebagai berikut:

1. Ringkasan Ekstraktif (Extractive Summarization) yaitu memilih kalimat-kalimat atau frasa yang dianggap penting dalam teks asli dan menyusunnya menjadi ringkasan.
2. Ringkasan Abstraktif (Abstractive Summarization): Memahami makna teks asli dan menghasilkan ringkasan baru dengan menggunakan kata-kata dan frasa yang berbeda.

Perbedaan antar kedua jenis rangkuman tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.4.**



Gambar 5.4 Alur kerja dari sistem perolehan informasi
(Sumber: Deng, 2020)

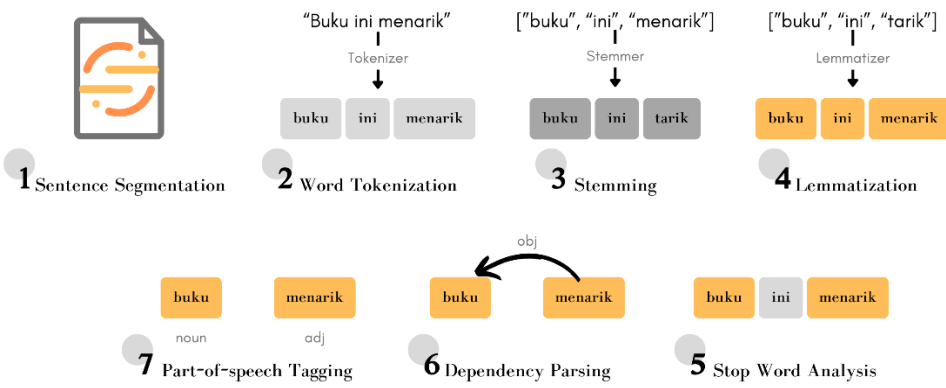
Text summarization sering kali dibutuhkan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan penyajian informasi yang cepat (Yulianti et al., 2023), seperti penyusunan suatu berita dan analisis dokumen yang kompleks. Kelebihan dari *text summarization*, penggunaanya dapat dengan mudah dan cepat mengolah informasi dari teks yang panjang dan kompleks menjadi lebih ringkas dan sederhana, sehingga meningkatkan efisiensi dalam penerimaan informasi.

5.3 Tahapan NLP pada Kecerdasan Buatan

Bagian ini akan membahas tahapan NLP atau serangkaian proses dalam memecah teks atau ucapan manusia menjadi bagian kecil hingga dapat dipahami oleh komputer. Tahapan tersebut tergambar pada **Gambar 5.5**, merupakan tahapan umum yang dilakukan pada pemrosesan data teks. Layaknya sebuah lahan yang belum diolah, sebuah dokumen atau korpus teks menyimpan suatu informasi berharga perlu diubah menjadi format yang dapat dimengerti oleh komputer. Dengan memahami tahapan tersebut, kita dapat mengeksplorasi bagaimana komputer dapat memproses dan berinteraksi dengan bahasa manusia dengan lebih cermat dan efisien.

Sebelum menelusuri tahapan tersebut, Langkah awal dimulai dengan pembersihan teks. Rumput dan kotoran berupa karakter yang tidak perlu, seperti spasi berlebihan, tanda baca yang salah, dan karakter

husus, disingkirkan. Teks dibersihkan dan dipersiapkan untuk tahapan-tahapan NLP berikut ini.



Gambar 5.5 Tahapan-tahapan NLP
(Sumber: Deng, 2020)

5.3.1 Sentence Segmentation

Sentence segmentation atau pembagian kalimat merupakan tahapan dalam NLP yang membagi teks menjadi kalimat-kalimat terpisah. Pengenalan kalimat biasanya didasarkan pada tanda baca seperti titik, tanda seru, dan tanda tanya. Namun pada proses ini kendala awal yang sering ditemui adalah tidak semua teks memiliki tanda baca yang jelas. Setiap kalimat dianggap sebagai satu unit independen sehingga memudahkan pemrosesan dalam pengenalan makna teks yang lebih mendalam.

5.3.2 Word Tokenization

Tahapan *word tokenization* atau pembagian kata adalah proses mengubah kalimat menjadi komponen kecil yaitu kata-kata atau *token*. Ini merupakan tahapan fundamental dalam NLP. Pembagian komponen kata biasanya menggunakan beberapa metode yaitu pembagian berdasarkan spasi, karakter, atau kamus (Rantung, 2023). Dengan memisahkan *token*, komputer mampu menganalisis struktur dari kalimat dan hubungan antar kata-kata (Eisenstein, 2019).

Algoritma teokenisasi yang umum digunakan mencakup:

1. tokenisasi spasi (whitespace tokenization) memisahkan berdasarkan karakter spasi kosong seperti spasi, tab, dan baris baru;
2. tokenisasi tanda baca (WordPunct Tokenization) pemisahan dilakukan pada karakter yang teridentifikasi sebagai bukan huruf;
3. tokenisasi ekspresi reguler (Regex Tokenization) menggunakan aturan kode ekspresi reguler dalam mengidentifikasi pola token, pendekatan ini bersifat lebih fleksibel sehingga dapat disesuaikan berdasarkan kode pola pengenalan yang dibuat, namun biaya yang dikeluarkan bisa sangat mahal dalam penerapan teks yang sangat besar;
4. tokenisasi berbasis kamus (Dictionary Tokenization) melibatkan kamus kata sebagai perbandingan dan mencocokkan antara karakter yang ada pada teks dokumen dengan daftar kata yang ada di kamus; dan

Setiap algoritma memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga pemilihan algoritma dapat bergantung pada jenis teks dan persyaratan pemrosesan yang diperlukan. Beberapa penugasan NLP mungkin penggunaan dengan kombinasi algoritma untuk menangani kasus penggunaan yang lebih kompleks.

5.3.3 *Stemming*

Tahapan *stemming* merupakan proses menghilangkan imbuhan pada *token*. Imbuhan dalam Bahasa Indonesia dikelompokkan dalam empat macam yaitu imbuhan awalan (prefiks), akhiran (sufiks), sisipan (sufiks), dan apitan (konfiks) . Total imbuhan ada sebanyak 19, berikut daftar imbuhan dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5.1 Daftar imbuhan dalam Bahasa Indonesia.

Nama	Imbuhan	Contoh
Awalan	<i>ber-, meng-, di-, ter-, per-, peng-, ke-, dan se-</i>	berjalan, menggambar, dibaca, terbuka, perbuat, menarik, dll.
Akhiran	<i>-i, -kan, dan -an</i>	alami, jalankan, bacaan, dll.
Sisipan	<i>-el-, -em-, -er-, dan -in-</i>	pelatuk, gemerlap, kinerja, dll.

Nama	Imbuhan	Contoh
Apitan	<i>ke- -an, ber- -an, per- -an, dan peng- -an</i>	berlarian, perolehan, pengakuan, keindahan, dll.

Algoritma *stemming* yang digunakan setiap bahasa berbeda-beda, terkhusus bahasa Indonesia terdapat dua algoritma yang sering kali menjadi perbincangan yaitu algoritma porter dan algoritma nazief & adriani. Berdasarkan penelitian Wahyudi et al. (2017) yang membandingkan kedua algoritma tersebut terlihat bahwa nilai akurasi dari penggunaan algoritma nazief & adriani lebih unggul sekitar 21 %.

5.3.4 *Lemmatization*

Lemmatization merupakan proses menemukan kata dasar. Proses ini sangat mirip dengan *stemming*, namun lebih kompleks. Setiap kata dikembalikan ke bentuk dasarnya atau dikenal sebagai lemma berdasarkan pada kamus kata.

Pada tahapan ini, kamus kata merupakan kata kunci yang menjadi pembeda dengan proses yang ditemukan pada *stemming*. Dimana pada *stemming* hanya memotong imbuhan saja. *Lemmatization* mengidentifikasi kata dasar yang sebenarnya menggunakan kamus sehingga hasil yang diberikan lebih akurat dan konsisten. Contoh pada **Gambar 5.5** terlihat bahwa pada proses *stemming*, kata menarik berubah menjadi tarik, karena proses *stemming* mengenali imbuhan *meng-*, namun dalam proses lemmatisasi kata menarik tetap dipertahankan berdasarkan kamus kata Bahasa Indonesia.

5.3.5 *Stop Word Analysis*

Proses *Stop Word Analysis* atau analisis kata berhenti merupakan proses mengidentifikasi atau menghapus kata-kata umum yang sering muncul dalam teks seperti “dan”, “atau”, “yang”, “ini”, “itu”, dan sebagainya. Umumnya kata-kata yang dianggap sebagai *stop word* tidak memiliki nilai informasi sehingga akan mengganggu dalam proses pembelajaran konteks atau makna teks.

5.3.6 *Dependency Parsing*

Dependency parsing atau penguraian ketergantungan bertujuan untuk mencari hubungan gramatikal antar kata-kata dalam suatu kalimat. Hubungan yang dimaksud adalah menganalisis struktur kalimat dengan cara menentukan kelas kata seperti subjek, objek, dan bentuk sintaksis lainnya. Penggambaran struktur kalimat atau hubungan antar kata membentuk suatu graf yang dapat membantu komputer dalam memahami kalimat dengan efektif.

Sebagai contoh kalimat "Saya sedang belajar AI", *Dependency Parsing* akan mengidentifikasi "Saya" sebagai subjek, "sedang" sebagai kata keterangan yang memodifikasi kata "belajar", "belajar" sebagai objek, dan "AI" sebagai objek langsung dari kata "belajar".

5.3.7 *Part-of-speech Tagging*

Part-of-speech Tagging atau biasa dikenal sebagai *POS Tagging* merupakan penanda kelas kata yang bertujuan untuk pemberian label kelas kata tertentu, seperti kata kerja, kata benda, kata sifat, kata keterangan, dan lain sebagainya. Tujuan utamanya adalah memberi label setiap kata dalam teks berdasarkan sifat gramatikalnya dalam kalimat. Misalnya, dalam kalimat "Saya sedang belajar AI", identifikasi *part-of-speech* mengidentifikasi "Saya" sebagai kata ganti, "sedang" sebagai kata kerja bantu, "belajar" sebagai kata kerja, dan "AI" sebagai kata benda. Teknik ini penting dalam berbagai aplikasi NLP seperti analisis sintaksis, analisis sentimen, dan terjemahan bahasa. Proses ini akan membantu komputer dalam mengenali konteks pembahasan pada teks korpus.

Setiap proses tahapan-tahapan dalam NLP terdapat beberapa *library* yang dapat membantu dan sangat umum digunakan dalam menjalankan tugas NLP seperti Sastrawi, SpaCy, dan NLTK dengan basis bahasa python (Ependi et al., 2023). Sastrawi adalah *library* khusus bahasa Indonesia yang membantu dalam proses seperti *stemming* dan *lemmatization*. SpaCy adalah *library* NLP yang menyediakan berbagai fitur seperti *tokenisasi*, *POS tagging*, dan *parsing* sintaksis dalam berbagai bahasa. NLTK (*Natural Language Toolkit*) adalah *library* NLP yang paling populer dan menyediakan beragam *tools* seperti *tokenisasi*, analisis sintaksis, klasifikasi teks, dan banyak lagi.

Bab 6

PENGLIHATAN KOMPUTER (COMPUTER VISION)

6.1 Pengantar Penglihatan Komputer

Dalam bab ini, kita akan mempelajari dasar-dasar penglihatan komputer, mengeksplorasi konsep inti, teknik, dan algoritme. Kami juga akan menginformasikan aplikasi dan kasus penggunaannya di dunia nyata, menyoroti potensi dan tantangan pada teknologi ini yang berkembang pesat dalam bidang kecerdasan buatan.

6.1.1 Definisi dan Ruang Lingkup

Penglihatan Komputer adalah bidang kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer menafsirkan dan memahami dunia visual. Bidang ini mencakup berbagai tugas, seperti pengenalan gambar, deteksi objek, segmentasi gambar, analisis video, dan pemrosesan gambar (Qiang & Yi-de, 2020). Tujuan utama dari penglihatan komputer adalah untuk mengembangkan algoritme dan model yang dapat secara akurat memahami, menganalisis, dan mengekstrak informasi bermakna dari gambar dan video digital, seperti halnya sistem visual manusia (Jack Lee et al., 2023).

Cakupan penglihatan komputer meluas ke berbagai industri dan domain, menunjukkan keserbagunaan dan pentingnya hal tersebut. Dalam industri kesehatan, teknik penglihatan komputer digunakan untuk analisis pencitraan medis, seperti mendeteksi dan mendiagnosis penyakit dari sinar-X, CT scan, dan gambar MRI. Industri otomotif juga bergantung pada penglihatan komputer untuk mengembangkan sistem bantuan pengemudi tingkat lanjut / *advanced driver assistance systems* (ADAS) dan memungkinkan kendaraan otonom untuk memahami dan menavigasi lingkungan sekitar dengan aman. Aplikasi ritel dan

keamanan juga mendapat manfaat dari teknologi penglihatan komputer, dengan sistem pengenalan wajah yang digunakan untuk tujuan identifikasi dan pengawasan. Selain itu, penglihatan komputer memainkan peran penting dalam aplikasi augmented reality (AR) dan virtual reality (VR), yang memungkinkan integrasi konten digital dengan dunia nyata tanpa hambatan. Di luar domain ini, penglihatan komputer memiliki banyak aplikasi lain, termasuk robotika, pertanian, manufaktur, dan pemantauan lingkungan. Seiring dengan berkembangnya bidang ini, kemajuan dalam pembelajaran mendalam dan jaringan saraf telah secara signifikan meningkatkan akurasi dan kinerja algoritme penglihatan komputer, sehingga membuka jalan bagi sistem yang lebih canggih dan cerdas.

6.1.2 Latar Belakang Sejarah

Penglihatan komputer berakar pada masa awal ilmu komputer dan kecerdasan buatan, yaitu pada tahun 1950an dan 1960an. Selama periode ini, para peneliti dan ilmuwan tertarik dengan gagasan yang memungkinkan mesin memahami dan menafsirkan dunia visual, seperti sistem visual manusia. Salah satu karya pionir dalam penglihatan komputer adalah *Summer Vision Project* yang dilakukan di Massachusetts Institute of Technology (MIT) pada tahun 1966 (Papert, 1966). Proyek ini bertujuan untuk mengembangkan sistem yang mampu mengidentifikasi objek dalam gambar, meskipun hasilnya terbatas karena keterbatasan komputasi. keterbatasan waktu. Sepanjang tahun 1970an dan 1980an, kemajuan signifikan dicapai dalam pengembangan teknik penglihatan komputer, seperti deteksi tepi, ekstraksi fitur, dan pengenalan pola.

Awal tahun 2000-an menandai titik balik yang signifikan dalam penglihatan komputer dengan diperkenalkannya *deep learning* dan *convolutional neural networks* (CNN). Teknik-teknik canggih ini, yang terinspirasi oleh korteks visual otak manusia, merevolusi bidang ini dengan memungkinkan pengenalan dan klasifikasi gambar yang lebih akurat dan kuat.

Selama dekade terakhir, bidang penglihatan komputer telah mengalami pertumbuhan dan kemajuan luar biasa, didorong oleh

ketersediaan data dalam jumlah besar, peningkatan daya komputasi, dan keberhasilan teknik *deep learning*.

6.1.3 Keterkaitan dengan Persepsi Visual Manusia

Penglihatan komputer bertujuan untuk meniru dan mereplikasi kemampuan luar biasa dari sistem visual manusia (Suma, 2019). Algoritme penglihatan komputer berupaya untuk memberikan kemampuan serupa kepada mesin. Namun, mereplikasi kompleksitas dan nuansa persepsi visual manusia masih merupakan tantangan besar (Li et al., 2020). Persepsi visual manusia adalah proses yang sangat rumit yang melibatkan fungsi terkoordinasi dari berbagai komponen, termasuk mata, korteks visual di otak, dan jalur saraf yang memfasilitasi interpretasi rangsangan visual.

Sebaliknya, algoritme penglihatan komputer mengandalkan model matematika, teknik statistik, dan jaringan saraf pembelajaran mendalam untuk memproses dan menafsirkan data visual. Salah satu tantangan utama adalah menghadapi keragaman dan kompleksitas skenario dunia nyata. Faktor-faktor seperti kondisi pencahayaan, oklusi, sudut pandang yang berbeda-beda, dan keberadaan banyak objek dalam suatu pemandangan dapat berdampak signifikan terhadap kinerja algoritma penglihatan komputer (Luan et al., 2016).

6.2 Konsep dan Teknologi Utama

6.2.1 Akuisisi Gambar

Akuisisi gambar adalah langkah pertama yang penting dalam jalur penglihatan komputer, karena melibatkan pengambilan dan digitalisasi data visual dari dunia fisik. Kualitas dan karakteristik gambar yang diperoleh dapat berdampak signifikan terhadap performa dan keakuratan tugas penglihatan komputer selanjutnya, seperti deteksi objek, segmentasi gambar, dan klasifikasi gambar (Bergstrom & Messinger, 2023). Dalam sistem penglihatan komputer, perolehan gambar biasanya terjadi melalui kamera digital, kamera video, atau sensor pencitraan khusus. Perangkat ini mengubah energi cahaya dari lingkungan menjadi sinyal digital yang dapat diproses dan dianalisis dengan algoritma penglihatan komputer. Pilihan perangkat keras

pencitraan dan konfigurasinya memainkan peran penting dalam menentukan kualitas dan kesesuaian gambar yang diperoleh untuk aplikasi tertentu.

Salah satu teknologi utama yang digunakan dalam akuisisi gambar untuk computer vision adalah sensor gambar. Sensor-sensor ini, seperti sensor *Charge-Coupled Devices* (CCDs) dan sensor *Complementary Metal-Oxide-Semiconductor* (CMOS), mengubah cahaya menjadi sinyal listrik, yang kemudian didigitalkan dan diproses. Sensor gambar tingkat lanjut menawarkan fitur seperti resolusi tinggi, rentang dinamis lebar, dan tingkat kebisingan rendah, memungkinkan pengambilan gambar berkualitas tinggi yang sesuai untuk aplikasi penglihatan komputer. Selain sensor gambar, optik dan lensa merupakan komponen penting dari sistem akuisisi gambar. Pemilihan dan kalibrasi lensa yang cermat dapat memengaruhi faktor-faktor seperti bidang pandang, kedalaman bidang, dan distorsi gambar, yang semuanya dapat memengaruhi performa algoritme penglihatan komputer.

Kondisi pencahayaan juga memainkan peran penting dalam perolehan gambar untuk penglihatan computer (Javed et al., 2019). Penerangan yang tepat dapat meningkatkan kualitas gambar, menampilkan detail penting, dan mengurangi tantangan seperti bayangan atau silau. Teknik seperti pengaturan pencahayaan terkontrol, pencahayaan adaptif, dan fotografi komputasi dapat digunakan untuk mengoptimalkan kondisi pencahayaan untuk tugas penglihatan komputer tertentu.

6.2.2 Pemrosesan dan Analisis Gambar

Pemrosesan dan analisis gambar merupakan inti dari sistem penglihatan komputer, yang memungkinkan ekstraksi informasi dan wawasan yang bermakna dari gambar dan video digital (Zhu et al., 2018). Teknik-teknik ini penting untuk mengubah data visual mentah menjadi format yang dapat diinterpretasikan dan dimanfaatkan secara efektif oleh algoritma penglihatan komputer.

Salah satu teknik pemrosesan gambar yang mendasar adalah peningkatan gambar, yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kejelasan gambar dengan menyesuaikan faktor-faktor seperti kontras,

kecerahan, dan ketajaman. Penyempurnaan ini dapat membantu mengungkap detail penting atau mengurangi efek kebisingan atau distorsi, sehingga memudahkan algoritme penglihatan komputer berikutnya untuk menganalisis data visual secara akurat. Segmentasi gambar adalah aspek penting lainnya dari pemrosesan gambar dalam penglihatan komputer. Teknik ini melibatkan partisi gambar menjadi beberapa segmen atau wilayah, masing-masing mewakili objek, permukaan, atau area tertentu yang berbeda. Algoritme segmentasi dapat menggunakan berbagai metode, seperti deteksi tepi, ambang batas, atau pengelompokan, untuk mengidentifikasi dan memisahkan berbagai komponen dalam suatu gambar. Segmentasi yang akurat sangat penting untuk tugas-tugas seperti pengenalan objek, pelacakan, dan pemahaman pemandangan.

Ekstraksi fitur adalah langkah mendasar dalam penglihatan komputer, di mana karakteristik atau pola khusus diekstraksi dari gambar atau bingkai video (Fu, 2024). Fitur-fitur ini dapat berkisar dari detektor tepi atau sudut yang sederhana hingga representasi yang lebih kompleks seperti deskriptor atau titik kunci. Teknik ekstraksi fitur tingkat lanjut, seperti yang didasarkan pada pembelajaran mendalam, telah merevolusi bidang penglihatan komputer dengan memungkinkan representasi fitur yang lebih kuat dan akurat. Registrasi dan penggabungan gambar juga penting dalam penglihatan komputer, khususnya untuk aplikasi yang melibatkan pencitraan panorama, analisis gambar medis, atau pelacakan objek di beberapa bingkai. Teknik ini menyelaraskan dan menggabungkan beberapa gambar atau bingkai video, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti pergerakan kamera, perubahan sudut pandang, atau wilayah yang tumpang tindih.

6.2.3 Pengenalan Pola

Pengenalan pola adalah konsep dasar dan seperangkat teknologi dalam penglihatan komputer yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan pola atau keteraturan dalam data visual. Ini memainkan peran penting dalam memungkinkan mesin menafsirkan dan memahami dunia visual, seperti sistem visual manusia (McMunn-Coffran et al., 2012). Pada intinya, pengenalan pola melibatkan ekstraksi

fitur atau karakteristik yang relevan dari gambar atau bingkai video, dan selanjutnya klasifikasi atau pengenalan pola-pola ini berdasarkan model yang telah ditentukan atau representasi yang dipelajari. Proses ini penting untuk tugas-tugas seperti deteksi objek, pengenalan wajah, pengenalan karakter, dan pemahaman adegan.

Salah satu teknologi utama yang digunakan dalam pengenalan pola untuk penglihatan komputer adalah ekstraksi fitur. Hal ini melibatkan identifikasi dan representasi karakteristik atau pola khusus dalam data visual, seperti tepian, sudut, tekstur, atau deskriptor yang lebih kompleks seperti *scale-invariant feature transform* (SIFT) atau *speeded-up robust features* (SURF). Fitur yang diekstraksi ini berfungsi sebagai masukan untuk algoritma klasifikasi atau pengenalan selanjutnya.

Teknik *machine learning*, khususnya metode pembelajaran yang diawasi dan tidak diawasi, memainkan peran penting dalam pengenalan pola untuk penglihatan komputer. Algoritme pembelajaran yang diawasi, seperti *support vector machines* (SVM) atau *decision tree*, dilatih pada dataset berlabel untuk mempelajari pemetaan antara fitur yang diekstraksi dan kelas atau kategori yang sesuai. Metode pembelajaran tanpa pengawasan, seperti algoritma pengelompokan, dapat digunakan untuk menemukan pola atau struktur yang melekat dalam data tanpa bergantung pada contoh yang diberi label.

Dalam beberapa tahun terakhir, arsitektur pembelajaran mendalam, khususnya *convolutional neural networks* (CNN), telah merevolusi pengenalan pola dalam penglihatan komputer. Jaringan saraf ini secara otomatis mempelajari representasi hierarki dan fitur langsung dari data gambar mentah, tanpa memerlukan rekayasa fitur eksplisit. CNN telah mencapai kinerja canggih dalam berbagai tugas penglihatan komputer, seperti klasifikasi gambar, deteksi objek, dan segmentasi semantik. Pengenalan pola juga mencakup teknik untuk menangani variasi skala, rotasi, pencahayaan, dan sudut pandang, yang merupakan tantangan umum dalam aplikasi penglihatan komputer di dunia nyata.

Ketika sistem penglihatan komputer menjadi lebih umum dan kompleks, peran pengenalan pola akan terus menjadi penting (Kittley-Davies et al., 2019). Kemajuan dalam pembelajaran mesin, arsitektur

pembelajaran mendalam, dan ketersediaan kumpulan data berannotasi berskala besar akan mendorong pengembangan teknik pengenalan pola yang lebih canggih, memungkinkan mesin untuk memahami dan memahami dunia visual dengan akurasi dan keserbagunaan yang semakin meningkat.

6.3 Penerapan Penglihatan Komputer

6.3.1 Pengenalan Wajah dan Analisis Emosi

Pengenalan wajah dan analisis emosi adalah dua aplikasi utama dari penglihatan komputer yang memanfaatkan pengenalan pola canggih dan teknik pembelajaran mesin untuk menganalisis dan menafsirkan wajah manusia dan ekspresi mereka. Aplikasi-aplikasi ini telah mendapatkan daya tarik yang signifikan di berbagai bidang, termasuk keamanan, pemasaran, interaksi manusia-komputer, dan layanan kesehatan.

Sistem pengenalan wajah bertujuan untuk mengidentifikasi atau memverifikasi individu berdasarkan fitur wajah mereka. Teknologi ini biasanya melibatkan beberapa tahapan, termasuk deteksi wajah, ekstraksi fitur wajah, dan pencocokan fitur yang diekstraksi dengan database wajah yang dikenal. Algoritme pengenalan wajah yang kuat harus memperhitungkan variasi kondisi pencahayaan, ekspresi wajah, penuaan, oklusi, dan perubahan sudut pandang. Salah satu teknologi utama yang mendorong pengenalan wajah adalah pembelajaran mendalam, khususnya CNN. Model ini dapat mempelajari representasi dan fitur kompleks langsung dari kumpulan data besar gambar wajah berlabel, sehingga memungkinkan deteksi dan pengenalan wajah secara akurat. Selain itu, teknik seperti pembelajaran metrik dan fungsi kehilangan triplet telah digunakan untuk meningkatkan kekuatan diskriminatif dari penyematan wajah, sehingga meningkatkan kinerja sistem pengenalan secara keseluruhan.

Analisis emosi, di sisi lain, berfokus pada mengenali dan menafsirkan keadaan emosi manusia berdasarkan ekspresi wajah. Aplikasi ini memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang seperti interaksi manusia-komputer, pemasaran, dan kesehatan mental. Sistem analisis emosi biasanya mengandalkan teknik penglihatan komputer untuk

mendeteksi dan mengekstrak penanda dan fitur wajah yang relevan, yang kemudian dipetakan ke kategori emosional tertentu seperti kebahagiaan, kesedihan, kemarahan, atau kejutan. Arsitektur pembelajaran mendalam, khususnya CNN dan Recurrent Neural Networks (RNN), telah memainkan peran penting dalam meningkatkan kemampuan analisis emosi. Model ini dapat mempelajari pemetaan kompleks antara ekspresi wajah dan keadaan emosi, dengan memperhitungkan variasi dan nuansa halus dalam gerakan dan ekspresi wajah.

Selain itu, sistem analisis emosi multimodal menggabungkan ekspresi wajah dengan modalitas lain, seperti ucapan, bahasa tubuh, dan sinyal fisiologis, untuk mencapai pengenalan emosi yang lebih akurat dan komprehensif. Pendekatan ini memanfaatkan sifat saling melengkapi dari berbagai modalitas dan dapat memberikan pemahaman yang lebih holistik tentang keadaan emosi manusia. Seiring dengan terus berkembangnya aplikasi-aplikasi ini, beberapa tantangan perlu diatasi, termasuk masalah privasi, mitigasi bias, dan pengembangan model yang lebih kuat dan umum yang dapat bekerja dengan baik dalam beragam skenario dunia nyata.

6.3.2 Kendaraan Otonom dan Manajemen Lalu Lintas

Kendaraan otonom dan manajemen lalu lintas yang cerdas memanfaatkan teknik penglihatan komputer mutakhir, sehingga mendorong inovasi di sektor transportasi. Untuk mobil self-driving, algoritme penglihatan memungkinkan persepsi dan pemahaman pemandangan, yang merupakan kemampuan penting. Kendaraan dilengkapi dengan kamera, LIDAR, dan sensor radar yang menangkap data visual dan spasial dari lingkungan sekitar. Penglihatan komputer memproses masukan ini untuk mendeteksi, mengklasifikasikan objek seperti pejalan kaki, kendaraan, rambu lalu lintas, dan marka jalan, membangun pemahaman lingkungan untuk navigasi yang aman. Arsitektur pembelajaran mendalam, terutama CNN dan region-based CNN, telah mengubah deteksi objek dan akurasi pelacakan untuk mengemudi secara otonom. Dilatih pada kumpulan data gambar dan video berlabel besar, model ini mempelajari representasi yang kuat untuk

pengenalan objek secara real-time. Namun, deteksi objek hanyalah satu aspek; deteksi jalur dengan menganalisis marka jalan, pengenalan rambu lalu lintas untuk kepatuhan peraturan, dan estimasi kedalaman melalui penglihatan stereo atau teknik monokuler sama pentingnya untuk perencanaan jalur dan penghindaran rintangan.

Dalam manajemen lalu lintas, penglihatan komputer menganalisis data dari kamera lalu lintas dan citra udara. Algoritma mendeteksi, melacak kendaraan, memantau arus, dan mengidentifikasi kemacetan atau insiden. Kecerdasan ini mengoptimalkan waktu lampu lalu lintas, mengubah rute kendaraan, dan menyediakan pembaruan waktu nyata. Selain itu, pengintegrasian penglihatan komputer dengan pembelajaran mesin memungkinkan model prediktif dilatih berdasarkan data historis untuk mengantisipasi dan memitigasi potensi masalah lalu lintas secara proaktif. Meskipun ada kemajuan yang luar biasa, tantangan tetap ada dalam menangani lingkungan yang kompleks dan dinamis, memastikan ketahanan sistem di berbagai skenario, dan mengatasi masalah privasi/keamanan yang mungkin muncul.

6.3.3 Pencitraan dan Diagnostik Medis

Mentransformasi praktik medis, aplikasi penglihatan komputer membuka potensi terobosan dalam pencitraan dan diagnostik. Dengan memanfaatkan algoritme canggih, teknologi ini memungkinkan analisis pemindaian dan visual medis yang belum pernah ada sebelumnya, mendukung dokter dalam deteksi dan diagnosis yang akurat.

Sinar-X, CT scan, gambar MRI - penglihatan komputer memproses data penting ini dengan lancar, memanfaatkan teknik seperti segmentasi gambar dan pengenalan pola. Dilatih pada kumpulan data yang sangat besar, model pembelajaran mendalam mengidentifikasi anomali kecil, lesi, atau tumor dengan presisi luar biasa, seringkali melebihi kemampuan manusia. Diagnosis penyakit yang dini dan akurat merupakan aplikasi yang sangat penting, dengan penglihatan komputer yang mengamati citra medis untuk mencari indikator kanker, gangguan neurologis, atau masalah kardiovaskular. Analisis cerdas ini mempercepat perencanaan pengobatan, berpotensi menyelamatkan banyak nyawa melalui intervensi yang tepat waktu.

Selain diagnostik, perencanaan dan panduan bedah mendapat manfaat besar dari teknologi ini. Visualisasi 3D yang tepat yang dibangun dari pemindaian pasien memungkinkan ahli bedah memetakan prosedur dengan cermat, mengidentifikasi jalur bedah yang optimal sekaligus memitigasi risiko. Panduan intraoperatif semakin meningkatkan presisi melalui pelacakan instrumen bedah secara real-time sesuai dengan anatomi pasien.

6.3.4 Augmented Reality dan Virtual Reality

Pengalaman digital yang imersif mengaburkan batasan antara dunia fisik dan virtual melalui augmented reality dan virtual reality - didukung oleh penglihatan komputer yang canggih. Teknologi-teknologi ini mensinergikan algoritma visi yang canggih dengan perangkat keras AR/VR, dengan mulus mengintegrasikan konten digital ke dalam lingkungan yang dapat dilihat oleh pengguna.

Untuk augmented reality, penglihatan komputer memainkan peran penting dalam pemetaan lingkungan dan pemahaman spasial. Kamera menangkap lingkungan sekitar pengguna yang kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi permukaan, objek, dan hubungan spasial. Pemahaman adegan ini memungkinkan overlay informasi digital kontekstual secara tepat seperti model 3D, animasi, atau panduan instruksional yang selaras dengan dunia nyata. Aplikasi AR seluler memberikan contoh kemampuan ini - algoritma visi melokalisasi dan melacak objek atau target gambar, memungkinkan penempatan konten virtual yang bergerak dan berputar secara realistis berdasarkan perspektif pengguna. Aplikasi berkisar dari permainan interaktif hingga visualisasi furnitur dan petunjuk perbaikan langkah demi langkah.

Dalam virtual reality, penglihatan komputer berkontribusi terhadap pelacakan gerak yang kuat dan rekonstruksi lingkungan. Kamera yang dipasang di headset memantau pergerakan pengguna dan memetakan ruang fisik, memungkinkan avatar dan lingkungan virtual merespons secara alami terhadap tindakan dan posisi pengguna. Sinkronisasi visual-motorik yang koheren ini mencegah jeda saat menyelam.

6.3.5 Sistem Pengawasan dan Keamanan

Mendorong keselamatan, keamanan, dan ketenangan pikiran, sistem pengawasan memanfaatkan kehebatan penglihatan komputer. Algoritme tingkat lanjut menganalisis umpan visual dengan cermat, memberdayakan pemantauan cerdas, deteksi ancaman, dan respons preemptif di berbagai domain. Dalam bidang ini teknik penglihatan mengidentifikasi dan melacak objek menarik seperti orang, kendaraan, atau paket mencurigakan di tengah keramaian. Arsitektur pembelajaran mendalam, khususnya CNN, mendorong deteksi dan pelacakan objek yang kuat, kemampuan utama yang memastikan identifikasi ancaman yang efisien bahkan di lingkungan yang menantang.

Pengenalan wajah memberikan kekuatannya, memungkinkan pencocokan identitas dari rekaman kamera langsung terhadap database individu yang dikenal. Dengan mengekstraksi fitur wajah secara komputasi, teknologi ini memperkuat kontrol akses, investigasi kriminal, dan protokol pemantauan area terbatas. Namun pengawasan lebih dari sekedar pemantauan - analisis video cerdas mendapatkan wawasan yang lebih mendalam melalui klasifikasi aktivitas seperti berkeliaran, pergerakan mencurigakan, atau upaya akses tidak sah.

Keamanan transportasi memanfaatkan penglihatan komputer untuk pengenalan pelat nomor, identifikasi kendaraan, dan pemeriksaan kargo di pos pemeriksaan penting seperti perbatasan atau tol otomatis. Kemampuan ini menyelaraskan efisiensi operasional dengan standar keselamatan yang ketat. Kekhawatiran privasi yang tidak bisa dihindari muncul di seputar teknologi pengawasan. Untuk mengatasinya diperlukan perlindungan data yang kuat, pedoman etika yang mengatur pemanfaatan yang bertanggung jawab dan transparan - untuk mencapai keseimbangan yang rumit tersebut.

6.4 Tantangan dan Keterbatasan

6.4.1 Masalah Etis, Privasi, dan Bias

Teknologi penglihatan komputer, meskipun menawarkan potensi besar di berbagai domain, menghadapi tantangan dan keterbatasan signifikan terkait masalah etika, privasi, dan bias. Ketika teknologi ini menjadi lebih lazim dan terintegrasi ke dalam sistem-sistem penting, maka penting untuk mengatasi masalah-masalah ini guna memastikan

penerapan yang bertanggung jawab dan adil. Privasi adalah masalah utama, karena sistem penglihatan komputer sering kali melibatkan pengumpulan, pemrosesan, dan analisis data visual, yang dapat mengungkapkan informasi pribadi yang sensitif. Pengenalan wajah, misalnya, menimbulkan kekhawatiran privasi karena dapat mengidentifikasi individu tanpa persetujuan mereka, sehingga menimbulkan risiko pengawasan dan potensi penyalahgunaan.

Kekhawatiran etis muncul dari potensi sistem penglihatan komputer melanggengkan atau memperkuat bias masyarakat dan praktik diskriminatif. Jika data pelatihan yang digunakan untuk model pembelajaran mesin bias atau kurang beragam, algoritme yang dihasilkan mungkin menunjukkan bias dalam prediksinya, sehingga menghasilkan hasil yang tidak adil atau diskriminatif. Hal ini khususnya menjadi masalah dalam penerapan-penerapan berisiko tinggi seperti penegakan hukum, proses perekrutan, atau layanan kesehatan, di mana keputusan yang bias dapat menimbulkan konsekuensi yang parah.

Pertimbangan etis lainnya adalah potensi penggunaan sistem penglihatan komputer untuk pengawasan massal, pembuatan profil, atau kontrol sosial. Ketika teknologi ini menjadi lebih akurat dan tersebar luas, terdapat risiko bahwa teknologi tersebut dapat dieksploitasi oleh pemerintah atau organisasi untuk memantau dan melacak individu, sehingga melanggar kebebasan sipil dan hak asasi manusia.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini memerlukan pendekatan multifaset yang melibatkan solusi teknis, kerangka peraturan, dan pedoman etika. Dari sudut pandang teknis, upaya sedang dilakukan untuk mengembangkan model penglihatan komputer yang lebih kuat, transparan, dan dapat dijelaskan sehingga dapat mengurangi bias dan memberikan keputusan yang dapat ditafsirkan.

6.4.2 Kompleksitas Komputasi dan Persyaratan Sumber Daya

Menggali kompleksitas komputasi dan kebutuhan sumber daya mengungkap tantangan berat bagi teknologi penglihatan komputer. Sistem yang rumit ini memerlukan kekuatan pemrosesan yang sangat besar dan sumber daya yang besar agar dapat beroperasi secara efektif, sehingga menimbulkan hambatan besar dalam penerapan dan

skalabilitas secara luas. Inti permasalahannya adalah banyaknya data yang terlibat – gambar dan video beresolusi tinggi memerlukan sumber daya komputasi yang besar untuk analisis. Algoritme yang canggih harus memproses informasi visual dalam jumlah besar, mengekstraksi fitur dan pola yang rumit untuk memfasilitasi tugas-tugas seperti deteksi objek, pengenalan, dan pemahaman pemandangan. Sifat data yang intensif ini membebani kapasitas komputasi, seringkali memerlukan akselerator perangkat keras khusus atau arsitektur pemrosesan yang diparalelkan.

Penerapan sistem penglihatan komputer dalam skala besar menambah tantangan komputasi ini. Perangkat edge, platform seluler, dan sistem tertanam sering kali kekurangan sumber daya komputasi yang diperlukan, sehingga menghambat penerapan kemampuan penglihatan komputer tingkat lanjut di lingkungan dengan sumber daya terbatas. Mencapai keseimbangan antara akurasi, kinerja, dan efisiensi energi menjadi keseimbangan yang rumit.

Mengatasi kendala komputasi dan sumber daya ini memerlukan pendekatan multifaset yang melibatkan inovasi perangkat keras, optimalisasi algoritme, dan teknik akuisisi data baru. Akselerator khusus, seperti GPU dan TPU, telah membuat kemajuan signifikan dalam mempercepat tugas-tugas komputasi yang intensif. Namun, kemajuan berkelanjutan dalam arsitektur perangkat keras, komputasi hemat energi, dan kemampuan pemrosesan pada perangkat sangat penting untuk memungkinkan penerapan solusi penglihatan komputer secara luas.

6.4.3 Akurasi dan Keandalan dalam Berbagai Kondisi

Mencapai akurasi dan keandalan yang konsisten di berbagai kondisi masih menjadi tantangan berat bagi sistem Penglihatan Komputer, yang sering kali menghambat penerapannya di dunia nyata. Teknologi rumit ini harus bergulat dengan beragam kompleksitas dan variasi yang melekat di dunia fisik. Kondisi pencahayaan yang berfluktuasi, mulai dari sinar matahari yang terik hingga lingkungan dengan pencahayaan redup, dapat berdampak signifikan terhadap performa algoritme penglihatan komputer. Bayangan, silau, dan pencahayaan yang tidak merata dapat mengaburkan atau mendistorsi

informasi visual, sehingga menyebabkan ketidakakuratan dalam tugas deteksi objek, pengenalan, dan pemahaman pemandangan.

Faktor lingkungan seperti kondisi cuaca, kemacetan, dan latar belakang yang berantakan semakin menambah kompleksitas. Hujan, kabut, atau salju dapat menurunkan kualitas data visual, sementara penghalang seperti dedaunan atau objek lain mungkin menghalangi sebagian target yang diinginkan, sehingga menghambat deteksi dan analisis yang akurat. Variasi sudut pandang dan perspektif juga menimbulkan tantangan. Model penglihatan komputer yang dilatih pada sudut pandang atau orientasi tertentu mungkin kesulitan untuk menggeneralisasi dan mempertahankan akurasi ketika disajikan dengan data visual dari sudut atau perspektif berbeda, sehingga membatasi kemampuan adaptasinya dalam skenario dunia nyata.

Keberagaman objek, pemandangan, dan konteks yang ditemui di dunia nyata menghadirkan tantangan besar lainnya. Meskipun model mungkin unggul dalam lingkungan terkontrol atau domain tertentu, performanya dapat menurun saat dihadapkan pada objek asing, skenario yang tidak biasa, atau konteks yang sangat berbeda dari data pelatihannya. Gangguan halus atau manipulasi data visual, yang tidak terlihat oleh manusia, berpotensi menipu sistem penglihatan komputer, sehingga menyebabkan kegagalan besar dan mengurangi keandalannya.

6.5 Tren dan Prospek Masa Depan

6.5.1 Integrasi dengan dengan IoT dan Kota Cerdas

Menatap masa depan, penglihatan komputer siap memainkan peran penting dalam bidang Internet of Things (IoT) dan pengembangan kota pintar. Integrasi yang mulus dari teknologi-teknologi mutakhir ini mempunyai potensi untuk mengubah lanskap perkotaan kita, mengantarkan era baru yang efisien, berkelanjutan, dan kehidupan yang cerdas. Dalam konteks kota cerdas, sistem penglihatan komputer akan berfungsi sebagai mata dan telinga, memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai lingkungan perkotaan. Ditambah dengan perangkat dan sensor IoT, sistem ini akan memberikan wawasan real-time mengenai berbagai aspek kehidupan kota, mulai dari pola lalu lintas

dan arus pejalan kaki hingga pemantauan infrastruktur dan keselamatan publik.

Manajemen lalu lintas yang cerdas akan menjadi aplikasi utama, dengan algoritma penglihatan komputer yang menganalisis data dari kamera dan sensor yang ditempatkan secara strategis untuk mengoptimalkan sinyal lalu lintas, mengubah rute kendaraan jika terjadi kemacetan, dan bahkan mendeteksi dan merespons kecelakaan atau keadaan darurat. Tingkat kesadaran situasional ini tidak hanya akan meningkatkan mobilitas namun juga berkontribusi terhadap pengurangan emisi dan peningkatan keberlanjutan perkotaan. Keselamatan dan keamanan publik akan ditingkatkan melalui penerapan sistem pengawasan canggih yang didukung oleh penglihatan komputer. Pengenalan wajah, analisis perilaku, dan deteksi anomali akan memungkinkan tindakan proaktif terhadap potensi ancaman, sekaligus membantu upaya tanggap darurat dan manajemen bencana.

Di bidang infrastruktur, penglihatan komputer akan memainkan peran penting dalam memantau dan memelihara aset penting seperti jembatan, jalan, dan gedung. Teknik analisis data visual akan memungkinkan deteksi dini cacat struktural, keausan, atau potensi bahaya, memfasilitasi pemeliharaan dan perbaikan tepat waktu, sehingga memperpanjang umur infrastruktur penting.

Integrasi penglihatan komputer dengan perangkat IoT juga akan merevolusi perencanaan kota dan pengelolaan sumber daya. Dengan memanfaatkan data visual dari berbagai sumber, perencana kota dapat memperoleh wawasan berharga mengenai pola penggunaan, konsumsi energi, dan alokasi sumber daya, sehingga dapat memberikan informasi bagi strategi pembangunan perkotaan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Namun, penting untuk mengatasi tantangan privasi data, keamanan siber, dan masalah etika yang menyertai penerapan teknologi ini secara luas. Kerangka kerja tata kelola yang kuat, transparansi, dan kepercayaan publik akan sangat penting untuk keberhasilan penerapan dan penerimaan penglihatan komputer dan IoT di lingkungan kota cerdas.

6.5.2 Peran Data Sintetis dan Simulasi

Peran data dan simulasi sintetis siap memainkan peran penting di masa depan penglihatan komputer, menawarkan pendekatan transformatif untuk mengatasi beberapa tantangan paling mendesak di bidang ini. Seiring dengan meningkatnya permintaan akan sistem penglihatan komputer yang akurat dan kuat, kemampuan untuk menghasilkan dataset berskala besar, beragam, dan beranotasi melalui cara sintetis memiliki potensi yang sangat besar. Secara tradisional, pelatihan model penglihatan komputer sangat bergantung pada dataset yang diberi label secara manual, sebuah proses yang memakan waktu dan sumber daya yang intensif. Pembuatan data sintetis menghindari hambatan ini dengan memanfaatkan teknik rendering tingkat lanjut dan simulasi berbasis fisika untuk menghasilkan data visual beranotasi dan realistis dalam jumlah besar yang disesuaikan dengan kasus dan skenario penggunaan tertentu.

Salah satu keunggulan utama data sintetis adalah kemampuan untuk menghasilkan skenario yang beragam dan menantang yang mungkin sulit, berbahaya, atau bahkan mustahil untuk ditangkap di dunia nyata. Misalnya, dalam bidang kendaraan otonom, data sintetis dapat mensimulasikan berbagai kondisi cuaca, bahaya di jalan raya, dan kasus-kasus ekstrem, sehingga memberikan data pelatihan yang berharga untuk sistem persepsi dan pengambilan keputusan yang kuat. Selain itu, pembuatan data sintetis memungkinkan kontrol dan manipulasi berbagai faktor secara tepat, seperti kondisi pencahayaan, posisi objek, dan sudut pandang kamera.

Selain pembuatan data, lingkungan simulasi memainkan peran penting dalam pengujian dan validasi sistem penglihatan komputer dengan cara yang aman dan terkendali. Lingkungan virtual dapat mereplikasi skenario dunia nyata, memungkinkan peneliti dan pengembang mengevaluasi kinerja dan ketahanan algoritme mereka dalam berbagai kondisi tanpa risiko dan batasan yang terkait dengan pengujian fisik.

Integrasi data dan simulasi sintetis dengan teknik pembelajaran mesin tingkat lanjut, seperti adaptasi domain dan pembelajaran transfer,

semakin memperkuat dampaknya. Dengan memanfaatkan data sintetis untuk melatih model dan kemudian menyempurnakannya pada data dunia nyata, para peneliti dapat mencapai akurasi yang lebih tinggi dan konvergensi yang lebih cepat, sehingga mempercepat pengembangan dan penerapan solusi penglihatan komputer.

Namun, penting untuk menyadari tantangan yang terkait dengan pembuatan dan simulasi data sintetis. Memastikan bahwa data yang dihasilkan secara akurat menangkap nuansa dan kompleksitas dunia nyata merupakan tantangan besar yang memerlukan penyempurnaan dan validasi berkelanjutan. Selain itu, sumber daya komputasi dan keahlian khusus mungkin diperlukan untuk membuat simulasi dengan ketelitian tinggi dan data sintetis yang realistis.

6.6 Kesimpulan

Penglihatan Komputer adalah bagian integral dari bidang kecerdasan buatan (AI) yang lebih luas, yang memainkan peran penting dalam memungkinkan mesin memahami dan memahami dunia di sekitar mereka. Seiring dengan kemajuan AI dan semakin meluasnya kehidupan kita, relevansi dan dampak penglihatan komputer akan terus berkembang. Teknologi ini berfungsi sebagai “mata” sistem AI, memberikan mereka kemampuan untuk menafsirkan dan memahami data visual. Kemampuan ini sangat penting bagi banyak aplikasi AI, mulai dari kendaraan otonom dan robotika hingga asisten cerdas dan augmented reality. Tanpa penglihatan komputer, sistem ini tidak akan melihat lingkungan sekitarnya, sehingga sangat membatasi fungsi dan potensinya.

Selain itu, penglihatan komputer merupakan kekuatan pendorong di balik pengembangan sistem AI yang lebih canggih dan cerdas. Dengan memungkinkan mesin memahami dan memahami dunia visual, ia membuka jalan bagi AI untuk belajar dan berpikir tentang kekayaan informasi yang terkandung dalam gambar dan video. Hal ini, pada gilirannya, memungkinkan sistem AI untuk membuat keputusan yang lebih tepat, beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, dan berinteraksi dengan dunia dengan cara yang lebih mirip manusia.

Sinergi antara penglihatan komputer dan disiplin AI lainnya, seperti pembelajaran mesin, pemrosesan bahasa alami, dan representasi pengetahuan, juga patut diperhatikan. Misalnya, menggabungkan penglihatan komputer dengan pemrosesan bahasa alami dapat memungkinkan sistem AI memahami dan merespons masukan multimodal, seperti gambar dan ucapan, sehingga menghasilkan interaksi manusia-mesin yang lebih alami dan intuitif.

Ketika AI terus berkembang dan mengatasi tantangan yang semakin kompleks, peran penglihatan komputer akan menjadi semakin penting. Bidang-bidang yang sedang berkembang seperti AI yang dapat dijelaskan dan AI yang dapat dipercaya akan sangat bergantung pada penglihatan komputer untuk memberikan representasi visual yang dapat ditafsirkan dan transparan dari proses pengambilan keputusan sistem AI, sehingga menumbuhkan kepercayaan dan akuntabilitas. Kesimpulannya, penglihatan komputer adalah komponen penting dari ekosistem AI, yang berfungsi sebagai pendukung penting bagi banyak sistem dan aplikasi cerdas. Oleh karena itu, kemajuan penglihatan komputer yang berkelanjutan akan berperan penting dalam membentuk masa depan AI dan dampaknya terhadap berbagai industri dan aspek kehidupan kita.

Bab 7

ARTIFICIAL INTELLIGENCE DI ROBOTIK

7.1 Pendahuluan

Robotik merupakan cabang ilmu teknik yang fokus pada pengembangan, desain, konstruksi, dan aplikasi robot. Disiplin ilmu ini melibatkan berbagai bidang seperti ilmu komputer, teknik listrik, teknik mekanik, dan ilmu material. Tujuannya adalah untuk menciptakan sistem yang dapat melakukan tugas secara otomatis atau semi-otomatis dengan tingkat kecerdasan dan keakuratan tertentu. Robotik telah berkembang pesat dan memiliki beragam aplikasi, mulai dari industri manufaktur hingga layanan kesehatan dan eksplorasi luar angkasa. Dalam robotika, terdapat beberapa konsep dan teknologi yang digunakan, seperti kecerdasan buatan, sensorika, kendali otomatis, dan pemrosesan data. Hal ini memungkinkan robot untuk berinteraksi dengan lingkungannya, mengambil keputusan, dan melakukan tugas dengan efisien (Siciliano & Khatib, 2008).

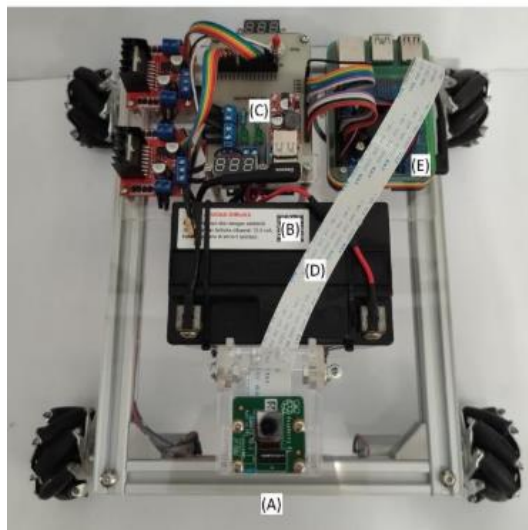
Peran Kecerdasan Buatan (AI) dalam robotik sangat signifikan dan mendalam. Pengendalian dan navigasi merupakan aspek penting dalam pengembangan robotika yang didukung oleh kecerdasan buatan (AI). AI digunakan untuk merancang algoritma yang memungkinkan robot untuk mengidentifikasi dan memahami lingkungan sekitarnya, membuat keputusan berdasarkan informasi yang diperoleh, serta menavigasi dengan efisien di dalamnya. Proses ini melibatkan pemrosesan data sensorik, pemetaan lingkungan, lokalisasi posisi, dan perencanaan jalur yang optimal. Pemrosesan data sensorik melibatkan penggunaan informasi yang diperoleh dari berbagai sensor yang terpasang pada robot, seperti kamera, lidar, dan sensor jarak. AI digunakan untuk menganalisis data dari sensor-sensor tersebut agar

robot dapat menginterpretasikan lingkungan sekitarnya dengan akurat. Pemetaan lingkungan merupakan proses untuk menciptakan representasi visual atau digital dari lingkungan yang dapat diakses oleh robot. AI membantu dalam mengolah data pemetaan untuk membuat peta yang akurat dan dinamis. Lokalisasi posisi adalah kemampuan robot untuk mengetahui posisinya dalam lingkungan yang dipetakan. Dengan bantuan AI, robot dapat menggunakan data sensorik dan peta lingkungan untuk menentukan posisinya secara tepat. Perencanaan jalur melibatkan pengembangan algoritma untuk merencanakan jalur yang optimal bagi robot untuk mencapai tujuan tertentu dalam lingkungan yang kompleks. AI membantu dalam mengoptimalkan perencanaan jalur berdasarkan kondisi lingkungan dan tujuan yang ingin dicapai (Choset et al., 2005).

Penglihatan komputer merupakan bidang yang vital dalam pengembangan robotika yang didukung oleh kecerdasan buatan (AI). AI memainkan peran penting dalam memungkinkan robot untuk memahami dan memproses informasi visual yang diperoleh dari kamera dan sensor lainnya. Hal ini memungkinkan robot untuk mendeteksi objek, mengenali pola, dan menginterpretasi lingkungan sekitarnya dengan lebih baik. Dengan bantuan AI, robot dapat dilengkapi dengan kemampuan untuk mengenali objek-objek dalam gambar atau video, serta memahami konteksnya (**Gambar 7.1**). Ini memungkinkan robot untuk melakukan tugas-tugas seperti pengambilan barang, navigasi di sekitar objek, atau berinteraksi dengan manusia secara lebih intuitif. Selain itu, penggunaan AI dalam penglihatan komputer memungkinkan robot untuk belajar dan beradaptasi dengan lingkungan yang berubah. Melalui teknik-teknik seperti pembelajaran mendalam (deep learning), robot dapat terus meningkatkan kemampuannya dalam mengenali objek dan pola, bahkan di lingkungan yang belum pernah ditemui sebelumnya (Prince, 2012).

Pengolahan bahasa alami (Natural Language Processing/NLP) memainkan peran kunci dalam pengembangan robotika yang mengharuskan interaksi antara manusia dan robot melalui bahasa alami. Kecerdasan buatan (AI) memungkinkan pengembangan sistem yang memungkinkan robot untuk memahami, memproses, dan merespons instruksi atau pertanyaan dalam bahasa manusia. Dengan teknologi NLP,

robot dapat menganalisis dan memahami struktur kalimat, arti dari kata-kata, serta maksud dari pernyataan yang dibuat oleh manusia. Ini memungkinkan robot untuk merespons dengan tepat sesuai dengan konteks dan kebutuhan pengguna, baik itu untuk memberikan informasi, menjalankan perintah, atau bahkan berpartisipasi dalam dialog yang lebih kompleks. Penerapan NLP dalam robotika memungkinkan interaksi yang lebih intuitif antara manusia dan mesin, yang dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam berbagai konteks, seperti layanan pelanggan, asisten pribadi, atau Pendidikan (Jurafsky & Martin, 2019).



Gambar 7.1. Rangkaian robot yang dilengkapi modul kamera Raspberry (A), bagian (B) merupakan accu, bagian (C) merupakan rangkaian pembagi tegangan, bagian (D) merupakan kabel konektor 15 pin I/O, dan bagian (E) merupakan modul Raspberry Pi.

(Sumber: Setiawan dkk., 2021)

Dalam pengembangan robotika, kendali gerak dan manipulasi merupakan aspek penting yang didukung oleh kecerdasan buatan (AI). AI digunakan untuk merancang algoritma kendali yang memungkinkan kontrol yang presisi terhadap gerakan dan manipulasi robot. Ini mencakup tugas-tugas seperti merencanakan gerakan robot untuk mencapai tujuan tertentu, seperti mengambil atau memindahkan objek dengan tangan robotik. Algoritma kendali yang didukung oleh AI

memungkinkan robot untuk mengoptimalkan gerakan dan manipulasi dalam berbagai lingkungan dan situasi yang kompleks. Robot dapat menghitung lintasan yang efisien untuk mencapai tujuan, mempertimbangkan hambatan dan kendala yang mungkin ada di sekitarnya. Selain itu, penggunaan AI dalam kendali gerak dan manipulasi memungkinkan robot untuk belajar dari pengalaman dan meningkatkan keterampilannya seiring waktu. Dengan teknik pembelajaran mendalam (deep learning) dan pembelajaran terpantau (reinforcement learning), robot dapat menyesuaikan strategi kendali mereka berdasarkan feedback yang diterima dari Lingkungan (Lynch & Park, 2017).

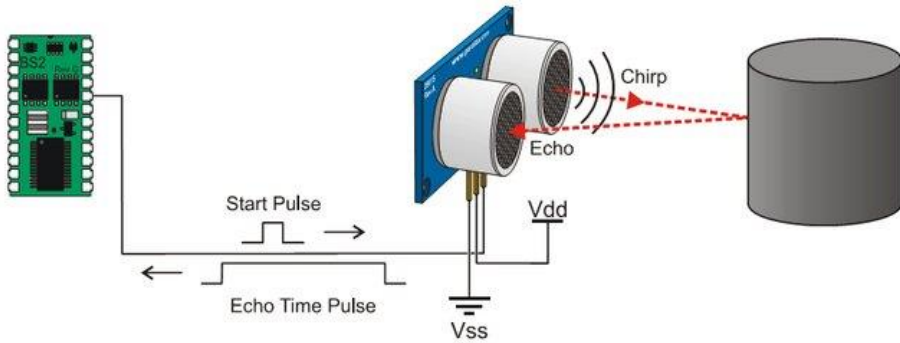
AI memberikan kemampuan kepada robot untuk belajar dari pengalaman dan menyesuaikan kinerjanya seiring waktu. Ini meliputi penerapan teknik pembelajaran mesin yang memungkinkan robot untuk meningkatkan kemampuannya dalam menyelesaikan tugas-tugas yang kompleks dan beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Teknik pembelajaran mesin seperti pembelajaran terpantau (supervised learning), pembelajaran tak terpantau (unsupervised learning), dan pembelajaran terpantau dengan penguatan (reinforcement learning) memungkinkan robot untuk mengenali pola, membuat prediksi, dan mengambil keputusan berdasarkan pengalaman yang diperoleh dari interaksi dengan lingkungan. Melalui penggunaan algoritma pembelajaran mesin, robot dapat mengoptimalkan strategi mereka dalam menyelesaikan tugas-tugas yang memerlukan penyesuaian terhadap variabilitas lingkungan dan situasi yang dihadapi (Sutton & Barto, 2018).

AI memainkan peran penting dalam pengembangan sistem yang memfasilitasi interaksi antara manusia dan robot dengan cara yang aman, intuitif, dan efisien. Ini mencakup pengenalan emosi, perilaku sosial, dan pengambilan keputusan yang mempertimbangkan faktor-faktor manusia. Dengan kecerdasan buatan, robot dapat dilengkapi dengan kemampuan untuk mengenali dan merespons ekspresi emosi manusia, baik itu melalui pengenalan wajah, suara, atau bahasa tubuh. Hal ini memungkinkan robot untuk menyesuaikan interaksi mereka sesuai dengan kondisi emosional manusia, meningkatkan kualitas dan kenyamanan interaksi. Selain itu, penggunaan AI dalam interaksi

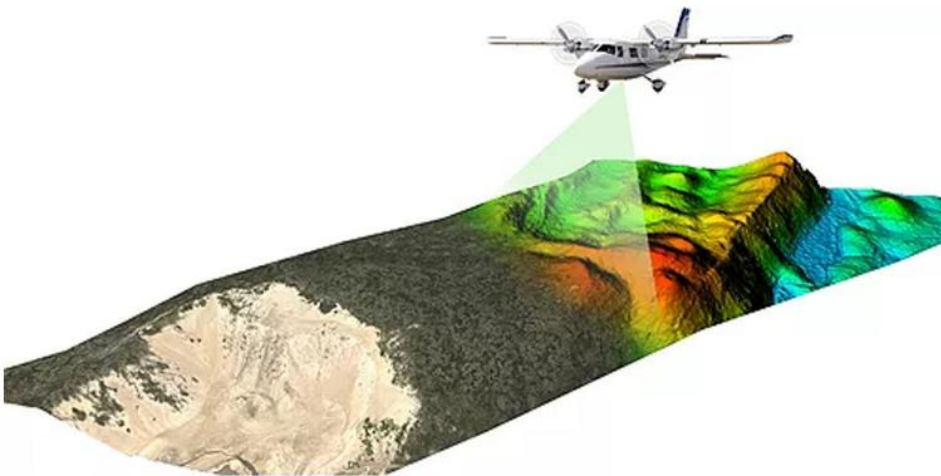
manusia-robot memungkinkan robot untuk memahami dan menyesuaikan perilaku sosial mereka sesuai dengan norma dan kebiasaan manusia. Robot dapat belajar untuk berkomunikasi dengan sopan, menghormati batasan personal, dan berinteraksi secara efektif dalam konteks sosial yang beragam. Pengambilan keputusan yang didasarkan pada AI memungkinkan robot untuk mempertimbangkan preferensi dan kebutuhan manusia dalam interaksi mereka. Robot dapat menyesuaikan tindakan mereka untuk mencapai tujuan bersama dengan manusia, sambil memastikan keamanan dan kenyamanan selama prosesnya (Dautenhahn, 2007).

7.2 Komponen Utama dalam Sistem Robotik yang Menggunakan AI

Dalam sistem robotik yang menggunakan kecerdasan buatan (AI), sensor memiliki peran yang sangat penting. Sensor adalah komponen utama yang memberikan informasi tentang lingkungan sekitar kepada sistem AI, memungkinkannya untuk membuat keputusan yang tepat dan melakukan tindakan yang sesuai. Sensor penginderaan jarak seperti sensor ultrasonik, lidar (Light Detection and Ranging), dan sensor inframerah memiliki peran vital dalam pengembangan robotika. Sensor ini digunakan untuk mengukur jarak antara robot dan objek di sekitarnya dengan presisi. Informasi jarak yang diperoleh dari sensor-sensor ini sangat penting untuk berbagai tujuan, termasuk navigasi, hindaran tabrakan, dan perencanaan jalur robot. Sensor ultrasonik mengirimkan gelombang suara ke objek dan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk gelombang tersebut kembali ke sensor, sehingga memungkinkan pengukuran jarak dengan akurasi tinggi dalam jarak yang relatif dekat (**Gambar 7.2**). Lidar menggunakan pulsa laser untuk mengukur jarak ke objek dengan presisi yang tinggi, memungkinkan penciptaan peta lingkungan yang detail dan deteksi objek secara akurat dalam jarak yang jauh. Sementara itu, sensor inframerah memanfaatkan radiasi inframerah untuk mendeteksi objek dan mengukur jaraknya. Sensor ini cocok untuk digunakan dalam situasi dengan pencahayaan rendah atau dalam ruangan (Silva et al., 2016). Prinsip kerja lidar dapat dilihat pada **Gambar 7.3**.



Gambar 7.2. Prinsip kerja sensor ultrasonik
(Sumber: Purnomo dkk., 2016)



Gambar 7.3. Prinsip kerja Lidar
(Sumber: Digiwarestore, 2019)

Kamera, sensor posisi dan orientasi, serta sensor sentuhan adalah komponen penting dalam sistem sensor robotika yang memberikan data penting untuk berbagai tujuan. Kamera memberikan data visual kepada sistem kecerdasan buatan (AI), yang memungkinkan pengenalan objek, deteksi pola, pemetaan lingkungan, dan navigasi berbasis visual. Sementara itu, sensor posisi dan orientasi seperti enkoder rotasi dan sensor IMU (Inertial Measurement Unit) digunakan untuk melacak posisi, orientasi, dan gerakan robot. Informasi ini diperlukan untuk

navigasi, pemosisian akurat, dan kontrol gerakan robot dalam lingkungan yang berubah atau kompleks. Selain itu, sensor sentuhan merupakan komponen penting untuk mendeteksi kontak fisik antara robot dan objek di sekitarnya. Ini memungkinkan robot untuk melakukan manipulasi objek dengan lebih presisi dan memastikan keselamatan saat berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Penerapan sensor-sensor ini memungkinkan robot untuk beroperasi dengan lebih adaptif, responsif, dan aman dalam berbagai situasi dan Lingkungan (Siciliano & Khatib, 2008). Sistem pemetaan kota berbasis foto udara yang dikombinasikan dengan teknologi LiDAR dapat dilihat pada **Gambar 7.4**.

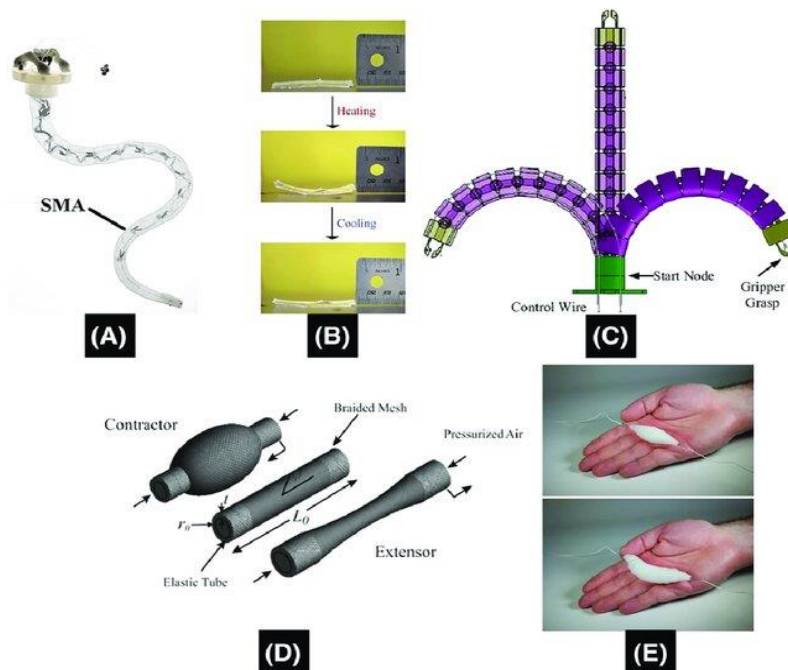


Gambar 7.4. Sistem pemetaan kota berbasis foto udara yang dikombinasikan dengan teknologi LiDAR
(Sumber: Digiwarestore, 2019)

Sensor suara, sensor lingkungan, dan sensor biometrik merupakan komponen penting dalam sistem sensor robotika yang memberikan informasi yang beragam untuk berbagai keperluan. Mikrofon atau sensor suara digunakan untuk mendeteksi suara atau perintah suara dari manusia, memungkinkan robot untuk berinteraksi dengan pengguna menggunakan bahasa alami. Selain itu, sensor lingkungan seperti sensor suhu, kelembaban, dan tekanan udara digunakan untuk memantau kondisi lingkungan sekitar robot. Informasi

ini dapat digunakan untuk mengambil keputusan yang sesuai dalam situasi tertentu, seperti pengaturan suhu di dalam ruangan atau menghindari kondisi lingkungan yang tidak aman bagi robot. Sensor biometrik seperti sensor detak jantung atau sensor deteksi gerakan juga digunakan dalam robotika untuk mendeteksi dan memantau aktivitas manusia atau hewan di sekitar robot. Ini memungkinkan interaksi manusia-robot yang lebih intuitif, misalnya dengan mendeteksi emosi atau tingkat kecemasan manusia, serta dapat digunakan untuk tujuan keamanan, seperti mendeteksi intrusi atau pergerakan yang mencurigakan di sekitar robot. Penerapan sensor-sensor ini memungkinkan robot untuk lebih responsif, adaptif, dan aman dalam berinteraksi dengan lingkungan dan manusia di sekitarnya (Siddall & Kovacs, 2006).

Aktuator elektromagnetik dan aktuator Shape Memory Alloy (SMA) adalah dua jenis aktuator yang menawarkan keunggulan yang unik dalam robotika. Aktuator elektromagnetik menggunakan medan elektromagnetik untuk menghasilkan gerakan linier atau putar. Mereka sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan respons cepat dan kontrol presisi. Contohnya adalah sistem penggerak injektor pada mesin injeksi bahan bakar di industri otomotif, di mana kecepatan respons dan presisi kontrol sangat penting untuk kinerja mesin yang efisien. Di sisi lain, aktuator Shape Memory Alloy (SMA) menggunakan paduan logam yang memiliki memori bentuk untuk menghasilkan gerakan. Aktuator ini berubah bentuk ketika dipanaskan atau didinginkan, memungkinkan mereka untuk memberikan gerakan yang ringan dan responsif. Aktuator SMA sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan gerakan yang halus dan presisi, seperti dalam mikrorobotika untuk manipulasi objek yang sangat kecil atau dalam perangkat medis untuk aplikasi endoskopi. Aktuator SMA dapat dilihat pada **Gambar 7.5**. Kedua jenis aktuator ini menawarkan kemampuan yang unik dan digunakan dalam konteks yang berbeda dalam robotika, tergantung pada kebutuhan spesifik dari aplikasi dan lingkungan operasionalnya (Zhang & Liu, 2008).



Gambar 7.5. Aktuator Shape Memory Alloy (SMA)
(Sumber: Gifari et al., 2019)

Elektrohidrolik dan aktuator piezoelektrik adalah dua jenis aktuator yang memiliki aplikasi yang berbeda dalam robotika. Elektrohidrolik adalah kombinasi antara prinsip pneumatik dan hidrolik dengan kontrol elektronik. Mereka menyatukan kekuatan tinggi dari sistem hidrolik dengan kontrol yang presisi dari sistem elektronik. Elektrohidrolik menawarkan kombinasi kekuatan dan kontrol yang baik, dan sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan gerakan presisi dengan kekuatan besar. Contohnya termasuk dalam industri otomotif untuk menggerakkan bagian-bagian yang berat dengan presisi yang tinggi. Di sisi lain, aktuator piezoelektrik menggunakan efek piezoelektrik untuk menghasilkan gerakan dengan mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanis. Mereka sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan gerakan presisi dalam skala nanometer atau mikrometer, seperti mikroskop atau manipulator nanoteknologi. Aktuator piezoelektrik menawarkan respons yang cepat, presisi yang

tinggi, dan ukuran yang kecil, sehingga cocok untuk aplikasi di mana ruang terbatas dan gerakan presisi diperlukan (Tressler, 2011).

Aktuator elektromagnetik dan aktuator Shape Memory Alloy (SMA) adalah dua jenis aktuator yang menawarkan keunggulan yang unik dalam robotika. Aktuator elektromagnetik menggunakan medan elektromagnetik untuk menghasilkan gerakan linier atau putar. Mereka sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan respons cepat dan kontrol presisi. Contohnya adalah sistem penggerak injektor pada mesin injeksi bahan bakar di industri otomotif, di mana kecepatan respons dan presisi kontrol sangat penting untuk kinerja mesin yang efisien. Di sisi lain, aktuator Shape Memory Alloy (SMA) menggunakan paduan logam yang memiliki memori bentuk untuk menghasilkan gerakan. Mereka berubah bentuk ketika dipanaskan atau didinginkan, memungkinkan mereka untuk memberikan gerakan yang ringan dan responsif. Aktuator SMA sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan gerakan yang halus dan presisi, seperti dalam mikrorobotika untuk manipulasi objek yang sangat kecil atau dalam perangkat medis untuk aplikasi endoskopi. Kedua jenis aktuator ini menawarkan kemampuan yang unik dan digunakan dalam konteks yang berbeda dalam robotika, tergantung pada kebutuhan spesifik dari aplikasi dan lingkungan operasionalnya (Zhang & Liu, 2008).

Pemrosesan data adalah tahap penting dalam sistem robotik yang menggunakan kecerdasan buatan (AI). Ini melibatkan pengumpulan, analisis, dan pengolahan informasi yang diperoleh dari berbagai sumber, seperti sensor, database, atau sistem eksternal lainnya. Pengumpulan data dalam konteks robotika melibatkan akuisisi informasi dari berbagai sensor yang terpasang pada robot atau tersedia dalam lingkungan sekitarnya. Data yang diperoleh dapat berasal dari sensor-sensor seperti kamera untuk data visual, sensor jarak untuk data jarak, atau sensor lingkungan untuk data cuaca atau kondisi lingkungan lainnya. Proses pengumpulan data ini penting untuk memungkinkan robot mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang lingkungan sekitarnya dan melakukan tugas-tugasnya dengan efisien. Setelah data dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah preprocessing data. Preprocessing data melibatkan serangkaian langkah untuk

membersihkan, memfilter, dan mentransformasikan data mentah menjadi format yang lebih bermanfaat dan siap untuk analisis lebih lanjut. Langkah-langkah dalam preprocessing data dapat mencakup penghilangan noise atau gangguan dari data, kalibrasi sensor untuk memastikan akurasi, atau normalisasi data untuk memastikan konsistensi dalam skala dan rentang nilainya (Duda et al., 2012).

Ekstraksi fitur merupakan langkah penting dalam analisis data yang melibatkan data mentah dengan dimensi yang besar dan kompleks. Tujuan dari ekstraksi fitur adalah untuk mengidentifikasi dan mengekstraksi informasi yang relevan atau fitur-fitur penting dari data yang tidak terstruktur. Ini memungkinkan data yang kompleks dan tidak terstruktur untuk direpresentasikan dalam bentuk yang lebih sederhana dan lebih mudah dipahami, sehingga mempermudah proses analisis selanjutnya. Setelah fitur-fitur relevan diekstraksi, langkah selanjutnya adalah pengolahan dan analisis data. Data yang telah diproses kemudian dianalisis menggunakan berbagai teknik dan algoritma kecerdasan buatan, seperti pembelajaran mesin, penglihatan komputer, atau pemrosesan bahasa alami. Tujuan dari analisis data bisa bermacam-macam, seperti pengenalan pola, deteksi objek, klasifikasi, klusterisasi, atau prediksi perilaku (Hastie et al., 2009).

Pengambilan keputusan merupakan tahap kritis dalam proses robotika yang melibatkan sistem kecerdasan buatan (AI). Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, sistem AI membuat keputusan atau rekomendasi tentang tindakan yang harus diambil oleh robot. Keputusan ini dapat berkisar dari pengaturan gerakan, penentuan tujuan navigasi, hingga tindakan manipulasi objek. Tujuan dari pengambilan keputusan adalah untuk memastikan bahwa robot dapat beroperasi secara efisien dan efektif dalam berbagai situasi. Setelah melakukan tindakan berdasarkan keputusan yang diambil, sistem robotik AI sering kali menerima umpan balik dari lingkungan sekitarnya atau dari interaksi dengan pengguna. Informasi umpan balik ini sangat berharga karena dapat digunakan untuk memperbaiki atau memperbarui model AI. Dengan memperbarui model AI berdasarkan informasi umpan balik yang diterima, sistem dapat belajar dari pengalaman dan meningkatkan kinerjanya dari waktu ke waktu. Proses umpan balik dan pembaruan

merupakan aspek penting dari sistem robotik AI yang adaptif. Dengan memperbaiki model AI secara terus-menerus berdasarkan umpan balik yang diterima, sistem dapat mengoptimalkan kinerjanya dan menjadi lebih handal dalam menjalankan tugas-tugasnya. Hal ini memungkinkan robot untuk terus beradaptasi dengan lingkungan yang berubah dan meningkatkan kemampuannya dalam menyelesaikan berbagai tugas (Levine et al., 2020).

Algoritma AI merupakan instruksi-instruksi atau prosedur-prosedur komputasional yang dirancang untuk memungkinkan sistem komputer atau robot untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu dengan tingkat kecerdasan atau otonomi tertentu. Pembelajaran Mesin (Machine Learning) merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data tanpa perlu secara eksplisit diprogram. Algoritma pembelajaran mesin memungkinkan sistem untuk menemukan pola-pola yang kompleks dalam data dan membuat prediksi atau pengambilan keputusan berdasarkan pola-pola tersebut. Dalam konteks robotika, algoritma pembelajaran mesin digunakan dalam berbagai tugas seperti klasifikasi objek, pengenalan pola, atau prediksi perilaku robot. Salah satu pendekatan yang sering digunakan dalam pembelajaran mesin adalah Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Networks). Jaringan saraf tiruan adalah model komputasi terinspirasi dari struktur jaringan saraf manusia. Mereka terdiri dari sejumlah besar unit pemrosesan sederhana yang disebut neuron, yang terhubung melalui serangkaian koneksi yang kuat. Jaringan saraf tiruan mampu belajar dari data melalui proses pelatihan, di mana bobot koneksi antar neuron disesuaikan untuk meminimalkan kesalahan prediksi. Dalam robotika, jaringan saraf tiruan digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan citra untuk pengenalan objek atau deteksi pola, pengenalan suara untuk perintah suara atau identifikasi kata-kata, dan kontrol gerak untuk menghasilkan gerakan yang adaptif dan presisi. Kemampuan jaringan saraf tiruan untuk belajar dari data kompleks membuatnya menjadi alat yang sangat kuat dalam meningkatkan kinerja dan fleksibilitas robotika (Sutton & Barto, 2018).

Algoritma Genetika (Genetic Algorithms) adalah teknik optimisasi yang terinspirasi dari proses evolusi biologis. Mereka

digunakan dalam robotika untuk menemukan solusi optimal atau mendekati solusi optimal untuk berbagai masalah, seperti perencanaan jalur atau perancangan struktur robot. Dengan menggunakan konsep seleksi alam, rekombinasi genetik, dan mutasi, algoritma genetika menciptakan populasi solusi yang berevolusi dari generasi ke generasi, dengan harapan bahwa solusi terbaik akan muncul dari proses ini. Logika Fuzzy (Fuzzy Logic) memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian atau ambiguitas dalam data. Algoritma logika fuzzy sering digunakan dalam sistem kontrol robotik untuk menghasilkan keputusan atau tindakan berdasarkan aturan-aturan yang tidak tegas. Berbeda dengan logika biner yang hanya mengakui nilai benar atau salah, logika fuzzy memungkinkan variabel untuk memiliki derajat keanggotaan yang berbeda dalam himpunan fuzzy. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih fleksibel dan adaptif, terutama dalam situasi di mana data atau kondisi lingkungan tidak sepenuhnya jelas atau terdefinisi dengan baik. Kombinasi dari algoritma genetika dan logika fuzzy sering digunakan dalam robotika untuk memecahkan masalah-masalah yang kompleks dan tidak terstruktur. Mereka memberikan kemampuan untuk menangani ketidakpastian, kompleksitas, dan ambiguitas dalam lingkungan yang berubah-ubah, sehingga meningkatkan kinerja dan kecerdasan sistem robotik (Nanda & Panda, 2004).

Pemrosesan Bahasa Alami (Natural Language Processing atau NLP) adalah cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem untuk memahami dan memproses bahasa manusia secara alami. Algoritma pemrosesan bahasa alami digunakan dalam robotika untuk memungkinkan interaksi manusia-robot melalui percakapan atau instruksi bahasa alami. Dengan NLP, robot dapat memahami perintah, pertanyaan, atau instruksi yang diberikan dalam bahasa manusia, dan merespons secara sesuai. Ini memungkinkan interaksi yang lebih intuitif antara manusia dan robot dalam berbagai konteks, mulai dari rumah tangga hingga lingkungan industri. Pemrosesan Citra (Image Processing) adalah bidang lain dari kecerdasan buatan yang penting dalam robotika. Algoritma pemrosesan citra digunakan untuk analisis dan manipulasi data visual yang diperoleh dari kamera atau sensor lainnya. Mereka

sering digunakan dalam berbagai aplikasi robotika seperti deteksi objek, pelacakan gerak, atau pemetaan lingkungan. Dengan pemrosesan citra, robot dapat memahami dan bereaksi terhadap lingkungan sekitarnya secara visual, yang merupakan aspek penting dalam navigasi, manipulasi objek, dan interaksi dengan objek atau orang di sekitarnya (Jurafsky & Martin, 2020).

Pemrosesan Sinyal (Signal Processing) merupakan disiplin yang penting dalam robotika, di mana algoritma pemrosesan sinyal digunakan untuk menganalisis dan menginterpretasi data yang diperoleh dari berbagai sensor, seperti sensor suara atau sensor jarak. Algoritma pemrosesan sinyal memungkinkan robot untuk mendeteksi pola, memfilter noise, atau mengekstraksi fitur-fitur penting dari data sensor. Dengan menggunakan pemrosesan sinyal, robot dapat memahami lingkungan sekitarnya dengan lebih baik, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan responsif. Penjadwalan dan Perencanaan (Scheduling and Planning) adalah aspek penting dalam desain sistem robotik yang efisien. Algoritma penjadwalan dan perencanaan digunakan untuk menghasilkan urutan tindakan atau keputusan yang optimal untuk mencapai tujuan tertentu. Mereka sering digunakan dalam robotika untuk merencanakan jalur navigasi robot atau urutan tindakan manipulasi objek. Dengan menggunakan algoritma penjadwalan dan perencanaan yang tepat, robot dapat merencanakan tugas-tugasnya dengan efisien, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan menghindari rintangan atau konflik dalam lingkungan kerja (Russel & Norvig, 2016).

7.3 Perkembangan Terkini dan Tren di Bidang AI dalam Robotik

Pembelajaran mesin (machine learning) memainkan peran yang kritis dalam pengembangan sistem robotik modern. Dalam konteks robotik, pembelajaran mesin memungkinkan robot untuk belajar dari data, pengalaman, atau interaksi dengan lingkungan mereka untuk meningkatkan kinerja dan kemampuan mereka. Navigasi dan Pemetaan adalah aspek penting dalam robotika yang melibatkan kemampuan robot untuk bergerak di lingkungan yang tidak dikenal dengan efisien dan aman. Teknik pembelajaran mesin sering digunakan dalam navigasi dan

pemetaan untuk memungkinkan robot mempelajari peta lingkungan mereka dan mengembangkan strategi navigasi yang optimal. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah menggunakan algoritma SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). SLAM memungkinkan robot untuk secara simultan menentukan posisi dan orientasi mereka (localization) sambil membangun peta lingkungan (mapping) saat mereka bergerak. Algoritma ini memanfaatkan data sensor seperti lidar, kamera, atau sensor jarak untuk mendeteksi fitur-fitur lingkungan dan menghitung perubahan posisi robot dari waktu ke waktu. Dengan menggunakan teknik pembelajaran mesin, robot dapat memperbarui dan meningkatkan pemetaan mereka secara real-time, bahkan di lingkungan yang tidak dikenal atau berubah-ubah. Penerapan algoritma SLAM dan teknik pembelajaran mesin dalam navigasi dan pemetaan memberikan kemampuan kepada robot untuk beroperasi secara mandiri dan efisien dalam lingkungan yang kompleks dan dinamis. Mereka memungkinkan robot untuk menghindari rintangan, menavigasi melalui koridor atau ruang yang sempit, dan mencapai tujuan mereka dengan akurasi dan efisiensi yang tinggi (Saffari et al., 2017).

Algoritma pembelajaran mesin dapat digunakan untuk mengoptimalkan kontrol gerak robot, termasuk gerakan locomotion, manipulasi objek, atau gerakan kompleks lainnya. Ini memungkinkan robot untuk menyesuaikan gerakan mereka dengan lingkungan sekitar dan tugas yang harus dijalankan. Pembelajaran mesin digunakan untuk mengembangkan sistem pengenalan objek yang dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan objek dalam gambar atau video yang diambil oleh kamera robot. Ini memungkinkan robot untuk berinteraksi dengan objek-objek dalam lingkungan mereka secara lebih cerdas. Pembelajaran mesin memungkinkan pengembangan sistem yang memungkinkan robot untuk berinteraksi dengan manusia dengan lebih efektif. Ini meliputi pemahaman perintah atau instruksi yang disampaikan oleh manusia, mendeteksi emosi atau niat manusia, atau bahkan mempelajari pola perilaku manusia untuk meningkatkan interaksi. Robot dapat menggunakan pembelajaran mesin untuk mempelajari dan beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau tugas yang diberikan. Ini termasuk penggunaan algoritma reinforcement learning yang memungkinkan

robot untuk belajar tindakan yang optimal berdasarkan umpan balik dari lingkungan. Pembelajaran mesin memainkan peran penting dalam pengembangan sistem kendali otonom yang memungkinkan robot untuk beroperasi tanpa intervensi manusia langsung. Ini termasuk kendali mobil otonom, pesawat tanpa awak, atau robot layanan rumah tangga. Dengan menggabungkan pembelajaran mesin dengan teknologi robotik, pengembang dapat menciptakan sistem robot yang lebih cerdas, adaptif, dan mampu menangani berbagai tugas dalam berbagai lingkungan. Ini membuka pintu untuk aplikasi robotik yang lebih maju dan beragam dalam industri, layanan, dan kehidupan sehari-hari (Cadena et al., 2016).

Integrasi kecerdasan buatan (AI) dengan robotika berbasis swarm adalah bidang penelitian yang menarik yang membahas bagaimana teknik-teknik AI dapat digunakan untuk mengkoordinasikan dan mengontrol kelompok robot yang bekerja sama dalam sistem swarm. Algoritma AI, seperti pembelajaran mesin atau optimisasi evolusioner, dapat digunakan untuk membantu robot dalam memetakan lingkungan mereka secara kolektif dan mencari solusi optimal untuk masalah pencarian, misalnya mencari lokasi sumber daya atau memetakan area pencarian. Dalam sistem swarm, komunikasi antar robot sangat penting untuk berbagi informasi, mengkoordinasikan tugas, dan menghindari tabrakan. Teknik-teknik AI, seperti jaringan saraf tiruan atau logika fuzzy, dapat digunakan untuk mengembangkan protokol komunikasi yang efisien dan adaptif antar robot. Algoritma pengaturan formasi yang didukung oleh AI dapat digunakan untuk menjaga robot dalam formasi yang diinginkan saat mereka bergerak atau bekerja bersama. Ini memungkinkan robot untuk mengoptimalkan tata letak dan penyebaran mereka untuk mencapai tujuan-tujuan tertentu. Teknik-teknik AI seperti algoritma genetika atau pembelajaran berbasis populasi dapat digunakan untuk memungkinkan robot dalam sistem swarm untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau tugas yang diberikan. Robot dapat belajar dari pengalaman kolektif mereka dan mengubah perilaku mereka seiring waktu. Dalam sistem swarm, robot sering kali harus bekerja bersama untuk menyelesaikan tugas yang kompleks atau terdistribusi. Algoritma pembelajaran mesin kolaboratif dapat digunakan untuk memungkinkan robot dalam swarm untuk berbagi pengetahuan dan

berkoordinasi dalam pemecahan masalah secara kolektif. Sistem AI dapat digunakan untuk memantau dan mengelola kinerja robot dalam sistem swarm, termasuk pengambilan keputusan tentang alokasi sumber daya, penjadwalan tugas, atau peningkatan efisiensi operasional (Trianni et al., 2019).

Penyempurnaan algoritma penglihatan komputer adalah upaya untuk meningkatkan kinerja dan akurasi sistem penglihatan komputer dalam mengenali, memahami, dan menginterpretasi gambar atau video. Kualitas data masukan memiliki dampak besar pada kinerja algoritma penglihatan komputer. Dengan mengumpulkan dan menyaring data yang lebih baik, baik dalam hal resolusi gambar, kualitas pencahayaan, atau variasi objek yang direpresentasikan dalam dataset, kinerja algoritma dapat ditingkatkan secara signifikan. Terus-menerus ada penelitian dan pengembangan model penglihatan komputer yang lebih canggih dan kuat. Dengan memperbarui algoritma Anda dengan model yang lebih canggih dan diperbarui, Anda dapat meningkatkan kemampuan sistem Anda untuk mengenali objek, wajah, atau pola dalam gambar dengan lebih baik. Algoritma penglihatan komputer sering kali memiliki sejumlah besar parameter yang dapat diatur. Dengan penyesuaian hyperparameter yang cermat dan eksperimen, Anda dapat menemukan kombinasi parameter yang optimal untuk meningkatkan kinerja algoritma Anda. Augmentasi data melibatkan teknik-teknik seperti rotasi, pemangkasan, atau distorsi citra untuk membuat variasi dalam dataset pelatihan. Ini membantu algoritma untuk menjadi lebih tangguh dan general dalam mengenali objek dalam berbagai situasi atau sudut pandang. Fine-tuning atau penalaan ulang adalah proses di mana Anda mengambil model penglihatan komputer yang sudah ada (pre-trained) dan menyesuaikannya dengan dataset atau tugas tertentu. Ini adalah cara yang efektif untuk meningkatkan kinerja algoritma dengan menggunakan pengetahuan yang telah ada dalam model yang sudah ada. Penting untuk melakukan evaluasi yang teliti terhadap kinerja algoritma penglihatan komputer Anda menggunakan dataset valid dan metrik evaluasi yang tepat. Dengan menganalisis hasil evaluasi secara cermat, Anda dapat mengidentifikasi area-area di mana algoritma Anda perlu ditingkatkan. Memperbaiki algoritma untuk melakukan pemrosesan

lebih cepat atau lebih efisien juga merupakan aspek penting dalam penyempurnaan algoritma penglihatan komputer, terutama jika Anda berurusan dengan volume data yang besar atau aplikasi real-time (Huang et al., 2012).

Bab 8

ETIKA DALAM *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*

8.1 Prinsip Etika dalam *Artificial Intelligence*

Setiap hari aktifitas manusia semakin terbiasa dengan interaksi sistem *Artificial Intelligence* (AI). Secara sadar manusia akan sangat bergantung pada sistem tersebut. Seluruh bidang kehidupan manusia tidak bisa terlepas dari pengaruh bantuan sistem AI untuk mempercepat ketepatan kinerja aktivitas manusia sehari-hari. Teknologi AI membawa perubahan pada cara berinteraksi manusia. Kegiatan aktifitas manusia yang semakin padat menuntut agar perlu adanya teknologi bantuan yang selalu mendampingi untuk mempermudah segala urusan. AI muncul sebagai teknologi yang akan selalu bisa memberikan kemudahan bantuan dalam mendukung kegiatan aktifitas kerja manusia. AI berpotensi dapat mengambil alih tugas yang biasa rutin dilakukan oleh manusia. Kebanyakan tugas yang dialihkan pada teknologi AI adalah rutinitas harian yang dilakukan berulang dengan cara yang sama, sehingga memungkinkan manusia untuk lebih fokus pada pengembangan keterampilan dan keahlian. Kelebihan teknologi AI saat ini lebih banyak dirasakan pada perusahaan besar karena dirasa sangat membantu efisiensi biaya operasional perusahaan. Dalam keseharian manusia, pekerjaan dapat lebih mudah efektif dan efisien dilaksanakan karena membantu dalam menganalisis pemecahan masalah dengan cepat.

Teknologi AI yang semakin luar biasa mampu menggantikan tugas manusia untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu dan membantu memecahkan masalah. Namun harus diingat bahwa penerapan dan penggunaan teknologi AI harus dilakukan secara etis dan bertanggung jawab. Prinsip moral dalam etika AI sangat penting untuk memandu dan memberikan pedoman pengembangan dan penggunaan teknologi

kecerdasan buatan tersebut. Dikhawatirkan potensi penyalahgunaan teknologi AI semakin besar karena penggunaan teknologi ini semakin meningkat. Oleh karena itu akan lebih baik jika pedoman petunjuk penerapan dan penggunaan teknologi AI dibuat dalam konsep etika AI, sehingga setiap organisasi yang menerapkan teknologi AI dapat merujuk pada aturan pedoman yang benar dan lebih bertanggung jawab dalam pelaksanaan penerapan dan penggunaannya. Etika dalam AI merupakan pedoman dan aturan penerapan dan pelaksanaan teknologi AI untuk peningkatan kesejahteraan manusia sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan individu dan masyarakat serta kebaikan bersama, membawa kemajuan dan inovasi menuju pembangunan berkelanjutan (Heilinger, 2022).

Etika AI memberi jaminan penerapan dan penggunaan AI bukan dengan tujuan untuk merugikan. Saat teknologi semakin maju maka perkembangan AI juga semakin canggih sehingga berpotensi menimbulkan masalah etika. Pengembangan AI yang bertanggung jawab adalah batasan moral pada penggunaan teknologi AI dibawah kendali manusia pencipta teknologi tersebut, memastikan mesin teknologi AI tidak membahayakan manusia dan makhluk lain serta masalah lain yang kemungkinan timbul dalam waktu dekat seiring dengan perkembangan teknologi mesin AI itu sendiri. Aturan prinsip moral dalam etika AI untuk menguraikan tantangan dan memastikan bahwa teknologi AI beroperasi dengan aman seiring dengan kecerdasannya mendekati manusia. Etika AI diperlukan sebagai rujukan dalam menilai kondisi sistem teknologi AI tersebut masih dalam kategori bermoral dengan mempertimbangkan kondisi AI yang masih mungkin memiliki kemampuan yang berbeda dari manusia dalam beberapa hal mendasar yang relevan dengan tujuan penciptaan mesin teknologi AI itu sendiri. Penilaian etis bertujuan untuk mengantisipasi isu-isu yang mungkin timbul dan telah berkembang dalam proses menciptakan teknologi AI yang lebih cerdas dari manusia (MacFie & McNaught, 2019).

Prinsip moral etika AI lebih mengedepankan pemilihan pengembangan, penerapan dan penggunaan sistem teknologi AI berdasarkan kebutuhan sosial masyarakat umumnya. Pendekatan utama dalam prinsip ini adalah menggunakan pilihan sosial dimana AI

dirancang untuk bertindak sesuai dengan pandangan merujuk pada pendapat masyarakat. Pandangan tersebut dibutuhkan untuk memprediksi nilai fungsi penciptaan AI yang dapat melampaui perkiraan nilai sebelumnya dan aturan kesesuaian pemanfaatan fungsi teknologi yang diciptakan dengan nilai manusia yang menggunakannya. Kebutuhan ekstrapolasi yang koheren sejalan dengan etika AI dari jenjang bawah ke atas dibutuhkan untuk memandu tampilan dan pergerakan perkembangan teknologi (perilaku) AI. Saat ini dasar normatif etika pilihan sosial AI lemah karena tidak ada satupun pandangan etis yang merujuk pada suatu kesatuan dan gabungan dari beberapa elemen atau entitas masyarakat yang membentuk sebuah keseluruhan kesepakatan akan kebutuhan (agregat) teknologi jenis penciptaan AI. Pendekatan etika AI dalam konteks sosial masyarakat mengupayakan perancangan teknologi AI untuk bertindak sesuai dengan agregat masyarakat. Etika pilihan sosial AI berakar pada gagasan tertentu mengenai keadilan prosedural desain teknologi AI berdasarkan kepentingan dan tatanan sosial masyarakat (Baum, 2020).

Pertimbangan moral lain yang harus diperhatikan dalam etika AI adalah pada nilai-nilai dan kepentingan makhluk lainnya selain masyarakat seperti spesies biologis lain (non-manusia) dan AI itu sendiri. Pemilihan proyek pengembangan AI harus memperhitungkan dampak yang tidak disengaja dari proses penciptaan AI seperti melalui konsumsi sumber daya dan energi serta potensi dampak buruk dari sistem AI. Bias algoritma dan tantangan penelitian dalam menggabungkan kepentingan dan nilai non-manusia ke dalam desain sistem AI bisa menjadi masalah yang dihadapi di masa depan. Penempatan entitas non-manusia layak mendapat pertimbangan moral dalam pedoman etika AI. Pertimbangan aturan penempatan manfaat dan dampak penciptaan AI terhadap keseimbangan perkembangan dan keberadaan dan keberlanjutan ekosistem tata lingkungan (manusia vs non-manusia) merupakan permasalahan yang penting untuk diputuskan, namun juga rumit dan kontroversial (Owe & Baum, 2021).

Teknologi AI saat ini mengalami perkembangan yang besar-besaran seiring dengan semakin besarnya model baru yang digunakan. Saat teknologi semakin maju, kecerdasan buatan (AI) semakin canggih

akan menimbulkan masalah pada etika. Terlepas dari popularitas penggunaan teknologi AI yang semakin maju, tidak bisa diabaikan bahwa manusia yang bertanggung jawab penuh dalam memprogram dan melatih AI untuk melakukan tugas-tugas kompleks. Seperti manusia pada umumnya para pembuat AI (*AI Engineer*) juga memiliki gambaran prediksi yang mempengaruhi hasil akhir dari teknologi AI, karena itu sangat penting dibutuhkan penetapan aturan kepastian penggunaan AI dilakukan secara etis dan bertanggungjawab dalam pedoman etika AI. Secara khusus para *AI Engineer* perlu panduan dalam mengambil keputusan etis untuk memandu sistem AI, memberikan atribut yang diperlukan agar mesin AI juga bisa memilih keputusan sesuai etika moral dan menjadi agen moral etika pada pengguna serta memastikan sejauh mana mesin AI dapat berfungsi secara otonom. Sebagian besar tantangan permasalahan etika yang ditimbulkan oleh mesin AI dapat diatasi melalui dua bentuk panduan yang berbeda yaitu penegakan hukum dan pilihan individu. Panduan etika penegakan hukum adalah pilihan keputusan mesin AI yang diatur berdasarkan legalitas hukum yang berlaku sementara panduan pilihan pribadi berdasarkan keputusan individu pemegang kendali mesin AI (Etzioni & Etzioni, 2017).

8.2 Isu Etika *Artificial Intelligence*

Dampak pengembangan skala penggunaan AI secara besar-besaran sudah dirasakan hingga saat ini. Masyarakat pengguna sistem ini tidak hanya merasakan dampak positif manfaat teknologi kecerdasan buatan ini, namun dibarengi dengan efek negatif yang lambat laun dapat merugikan kehidupan tatanan sosial dan ekosistem lingkungan. Teknologi yang mampu bekerja layaknya aktivitas manusia pada umumnya seperti mengerjakan pekerjaan rutin rumah tangga hingga mengemudikan mobil atau drone. Namun sayangnya hal tersebut berpotensi besar menyebabkan kecelakaan, kerusakan bahkan kematian. Kesalahan teknis bisa saja terjadi disertai serangan keamanan data rahasia dan konflik moral yang timbul sebagai sumber dari permasalahan isu yang membawa dampak negatif dari pemanfaatan AI. Fungsi utama penerapan sistem AI yang mampu mengerjakan tugas harian dikhawatirkan lambat laun akan menggeser peran manusia sebagai pekerja yang berefek pada kurangnya peluang kerja, sempitnya peluang

pendidikan, peningkatan kekuasaan negara atau perusahaan atas data, teknologi dan pasar. Penggunaan aplikasi layanan jasa yang memanfaatkan sistem AI seperti transportasi *online* dan *marketplace* menimbulkan efek kerugian karena berpotensi mengurangi hak dan kesejahteraan pengemudi serta mengancam privasi dan keamanan pengguna. Fenomena semacam itu secara perlahan mengglobal dan memunculkan berbagai isu etis di masyarakat.

8.2.1 Transparansi

Salah satu alasan utama pengembangan transparansi sistem AI adalah membangun kepercayaan dan penjelasan kepada pelanggan mengenai keberadaan, manfaat dan guna sistem. Transparansi dianggap penting karena menggambarkan dan menjelaskan kualitas sistem AI pada saat ini. Transparansi berdampak positif dalam mencapai kepercayaan pengguna sebagai prinsip utama tanggung jawab sosial perusahaan. Pelanggan berhak untuk mendapatkan penjelasan mengenai cara kerja sistem AI, bagaimana sistem berkerja dan mendapatkan penjelasan mengenai penanganan sistem AI dalam situasi darurat. Persyaratan kualitas sistem AI yang ditekankan tertuang dalam pedoman etika AI. Pedoman etika AI harus memuat aturan rujukan aspek sistem AI yang diuraikan dan dijelaskan diantaranya tujuan, peran AI, masukan, perilaku, penggunaan data, keluaran dan batasan. Pedoman tersebut menunjukkan bahwa transparansi berhubungan dengan beberapa persyaratan kualitas sistem AI yaitu kepercayaan, pemahaman, ketelusuran, privasi, auditabilitas dan keadilan. Pedoman transparansi mencakup tiga rincian pemahaman yaitu : 1) memastikan masyarakat memahami metode penggunaan AI dan perilaku sistem AI, 2) Sarana komunikasi yang jelas dan petunjuk cara menggunakan dan mengaplikasikan sistem AI, 3) Memastikan masyarakat memahami perbedaan antara keputusan sistem AI dan rekomendasi keputusan sistem AI (Balasubramaniam et al., 2023).

Persyaratan pedoman transparansi harus disesuaikan dengan pemangku kepentingan lebih luas termasuk pengembang, pengguna, regulator, pelaksana dan masyarakat umum. Pedoman transparansi dalam etika AI tidak hanya memberikan informasi yang diikuti dengan

pilihan keputusan, namun penyedia layanan harus menyesuaikan informasi tersebut dengan karakteristik kebutuhan pengguna, menghindari konteks persetujuan yang bersifat memaksa dan implisit serta menjelaskan dengan cara yang mudah digunakan, spesifik dan konkrit tentang perilaku sistem. Diperlukan perhatian lebih dalam pada dukungan pengguna terkait pengambilan keputusan rekomendasi sistem AI yang mencerminkan keinginan dan persetujuan pengguna. Rekomendasi keputusan yang dihasilkan oleh sistem AI harus melalui pelibatan karakter pribadi pengguna dan pakar dengan aturan yang lebih ketat. Transparansi sistem AI membutuhkan kejelasan informasi yang pasti disajikan kepada pengguna. Namun salah satu tantangan penyajian kejelasan informasi pada masih terdapat kompleksitas pemangku kepentingan dan perbedaan pandangan terhadap konsep yang sama (Felzmann et al., 2019).

Kejelasan algoritma yang digunakan pada pedoman etika AI dapat membangun dan memperkuat kepercayaan teknologi. AI harus dikelola dengan transparansi dan etika dalam pedoman agar dapat menguntungkan semua pihak dan mengurangi potensi kerugian. Penggunaan teknologi AI dapat secara perlahan menggeser eksistensi dan entitas manusia dan makhluk hidup lainnya sebagai insan yang secara kodrat beraktfitas mengerjakan tugas dan fungsi kerja. Prinsip transparansi memberikan jaminan kepercayaan kuat pada teknologi AI agar tidak terjadi bias dalam pengembangan dan penyebaran teknologi, sehingga keberadaan fungsi dan peran manusia serta makhluk hidup lain tidak terancam dan tergeser dengan keberadaan teknologi tersebut. Teknologi AI harus memberi banyak manfaat bagi bisnis dan kepentingan banyak orang. Untuk itu AI harus dibangun dengan nilai keberagaman, inklusi dan tanggung jawab bersama. AI harus diperkaya dengan keragaman kumpulan data, praktisi dan ekosistem mitra yang beragam untuk memungkinkan peningkatan pemanfaatan yang berkelanjutan.

Transparansi model desain AI merupakan proses merancang sistem AI dengan mengintegrasikan prinsip sosial, moral dan hukum masyarakat. Dari sudut pandang hukum, pengambilan keputusan otomatis individu dan masyarakat melalui sistem AI memerlukan

pedoman yang mengatur pelaksanaannya untuk mengurangi potensi dampak buruk sistem. Pertimbangan transparansi sistem AI tidak terbatas pada fitur teknis sistem yang memuat desain algoritma saja, namun mempertimbangkan efek implementasi praktis dalam struktur sosial dan moral budaya yang mengikutinya. Panduan praktis mengenai desain sistem AI yang peka terhadap peran yang lebih luas dan keterikatannya dengan kepentingan sosial masyarakat diperlukan untuk membantu meningkatkan fungsi transparansi sistem yang bermanfaat sekaligus memitigasi tantangannya (Felzmann et al., 2020).

Perkembangan AI dinilai berbagai pihak membawa banyak keuntungan, namun harus dipastikan penggunaannya secara hati-hati dan adil karena dapat membawa ancaman berbahaya jika tidak dimanfaatkan dengan bijak dan beretika. Sederet resiko ancaman besar akan terjadi mengingat seluruh bidang kehidupan masyarakat dapat didukung oleh kemampuan teknologi AI diantaranya resiko ancaman sistem AI yang independen dan mandiri (*autonomous AI*). Desain sistem AI sebagai pendukung keputusan (rekomendasi) banyak membantu pengguna dalam proses pengambilan keputusan, namun pengambilan keputusan AI secara mandiri tanpa campur tangan manusia dapat beresiko fatal dimasa akan datang. Ketidakmampuan manusia mengendalikan sistem AI dalam pengambilan keputusan secara mandiri dapat menyebabkan konsekuensi tidak terduga dan bahkan berbahaya jika berjalan diluar rencana. Hal tersebut kemungkinan besar dapat terjadi mengingat sistem AI adalah mesin dengan sistem kecerdasan operator ahli yang berfungsi meningkatkan performa keahlian dan melatih keahlian pemula dengan efisien sehingga dikhawatirkan akan menimbulkan kasus dimana penggunaan sistem AI akan mengungguli kemampuan kecerdasan manusia dan sistem otomatis lainnya.

8.2.2 Bias

Bias algoritma sistem AI bisa menimbulkan hasil keputusan yang diskriminatif dan ketidakadilan. Biasanya bias ini tidak disadari terjadi karena data mengandung prasangka dan ketidakpastian (stereotip). Data yang buruk, tidak valid dan kurang lengkap akan menghasilkan prediksi yang tidak akurat. Bias data bisa terjadi karena analisis data dihasilkan melalui pemilihan asumsi yang keliru sehingga menimbulkan keputusan yang tidak etis. Kualitas hasil keluaran data dalam algoritma AI sangat bergantung pada kondisi data masukan yang digunakan. Bias data juga dapat terjadi karena sampel data tidak representatif mewakili realita, atribut data yang keliru, sumber data yang tidak seimbang dan bias individu (manusia) pengumpul data. Jenis bias data dalam sistem AI diantaranya bias historis, bias sampel, bias rasial dan bias label.

Mitigasi bias yang terjadi dalam sistem AI dapat melalui penelusuran algoritma AI dan melatih pembelajaran mesin dengan penerapan teori kritis tentang isu sosial terutama masalah ras, keadilan dan gender. Kumpulan data dirancang dan dipilih untuk menangkap konsep ras, gender dan kelas sosial yang disimpan dan diatur dalam algoritma AI. Peran sentral penyusun data sangat penting untuk memasukkan algoritma AI pada data yang sudah dikumpulkan. Kurator data algoritma AI harus dapat memfilter data yang tepat dan sesuai dalam pembelajaran mesin untuk mencegah ketidakadilan dan deskriminasi keputusan (Leavy et al., 2020). Potensi masalah bias sistem AI biasanya disebabkan pemilihan atribut algoritma AI yang tidak tepat, distribusi sampel data yang tidak akurat dan pemilihan sampel data masukan yang kurang valid. Model AI memerlukan algoritma matematis dan dipresentasikan secara numerik. Reduksi matematis seperti itu dapat menyebabkan hilangnya informasi dan menjadi bias. Data pengganti juga dapat menimbulkan bias. Pengumpulan data yang tidak cocok serta data yang dimanipulasi juga rentan terhadap serangan bias pada algoritma AI (Roselli et al., 2019). Bias tertentu yang ditunjukkan dalam model dan sistem AI dapat memperbesar dampak negatif pada individu, organisasi dan masyarakat. Bias tersebut secara tidak langsung dapat menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap AI.

Bias sangat erat terkait dengan konsep transparansi dan keadilan di masyarakat. Sebagian besar masyarakat belum mengetahui dasar algoritma yang digunakan dalam AI. Jaringan kompleks kode dan keputusan yang terlibat dalam desain, pengembangan dan penerapan AI jarang dapat diakses atau dipahami dengan mudah oleh audiens non-teknis masyarakat. Kumpulan data yang besar dalam AI dapat memunculkan bias yang semakin besar juga. Bias dapat saja muncul dengan penyebab yang diketahui tapi bisa juga muncul tiba-tiba dalam aplikasi sistem AI. Bias yang muncul tidak hanya berasal dari data yang tidak akurat tapi dari bias kognitif manusia yang tergabung dalam tim pengembang desain sistem AI (Schwartz et al., 2022).

Bias yang timbul dalam sistem AI memunculkan potensi ketidakadilan dalam pengambilan keputusan. Hal tersebut bertentangan dengan prinsip etika AI yaitu berkeadilan (justice). Prinsip etika ini dipegang dalam orientasi kesetaraan dan kewajiban yaitu keseimbangan pada kebutuhan individu, upaya individu, kontribusi masyarakat dan capaian hasil. Orientasi kewajiban yang dimaksud dalam prinsip etika AI untuk menghindari efek negatif bias sistem AI tersebut adalah nilai perlindungan untuk tidak menyakiti dan memiliki tujuan kebaikan bersama pada seluruh kondisi kultur sosial masyarakat tanpa melihat ras, gender, sikap politik dan sebagainya. Mitigasi bias sangat penting untuk penerapan AI yang bertanggung jawab. Hal tersebut dapat memberi kepastian bahwa sistem AI tidak akan menimbulkan efek berulang pada bias yang semakin besar di masyarakat. Oleh karena itu sangat dibutuhkan pengembangan metode yang dapat mengidentifikasi dan memitigasi bias dalam sistem AI. Diskriminasi akan terus berlanjut jika proses pengambilan keputusan dalam AI masih terdapat bias dan tidak segera diatasi dengan efektif. Bias dalam sistem AI dapat menimbulkan keraguan antara pengguna dan pengembang teknologi. Bias yang tertanam dalam algoritma AI dapat berakibat fatal pada kehidupan masyarakat dan berpotensi besar menimbulkan tindak pidana kejahatan. Jika sistem AI yang bias digunakan untuk penegakan hukum bisa jadi individu yang tidak bersalah dari komunitas yang terpinggirkan dapat menjadi sasaran objek hukum yang salah karena hanya dinilai dari penampilan fisik mereka saja. Pertimbangan etis sistem AI harus diambil

mengingat pentingnya jaminan kepastian hasil yang adil dan bertanggung jawab pada semua pihak individu yang terlibat (Mensah, 2023).

Jaminan kepastian hasil sistem AI yang berkeadilan diatur secara konseptual dalam model pedoman etis sistem AI. Bias dalam sistem AI bukan hanya berpotensi terjadi pada keadaan sosial rasial saja, namun dapat ditemukan dalam kondisi non-rasial seperti kondisi kesehatan. Bias dalam sistem algoritma AI dalam kesehatan meliputi pertimbangan faktor prediksi resiko masalah kesehatan seperti masa pandemi Covid-19 yang lalu. Hasil pertimbangan prediksi tersebut harus dipastikan terwujud secara fakta di masyarakat bahwa sistem algoritma AI tidak didasarkan pada sistem algoritma pembelajaran mesin yang mengandung bias diskriminatif yang tidak adil terhadap individu atau kelompok sosial tertentu. Namun penggunaan data yang besar dengan pergerakan yang pesat telah menimbulkan permasalahan etika terkait munculnya bias dalam bidang penerapan ini. Pertimbangan resiko penerapan teknologi algoritma AI pada bidang yang bersentuhan dengan hal paling penting dalam kehidupan manusia ini menjadi kerangka utama untuk merancang peraturan dan penilaian tingkat bias sistem AI dalam pedoman etika AI (de Manuel et al., 2023).

Pengembangan pedoman etika AI untuk mengatasi bias memuat kesetaraan, keadilan, dukungan desain, pengujian, validasi dan evaluasi model pembelajaran mesin sehubungan dengan ketepatan algoritmik. Dalam bidang AI bias dapat muncul dari berbagai sumber diantaranya proses pengumpulan data, desain algoritma, dan individu pelaksana pengembang. Pertimbangan etis dalam AI khususnya diambil sebagai solusi cerdas untuk mengatasi bias dengan mengutamakan prinsip keadilan dalam model pembelajaran pembelajaran mesin AI. Pemangku kepentingan dapat berupaya membangun model pembelajaran mesin AI yang lebih etis dan adil untuk menjunjung keadilan dan mendorong kepercayaan dalam sistem AI. Upaya tersebut diantaranya : 1) Menganalisis data dan eksplorasi data untuk memahami bentuk terkait potensi bias yang ada dalam data, 2) Memanfaatkan metode statistik dan keahlian domain untuk mengidentifikasi bias dalam data, 3) Menerapkan teknik pemrosesan data seperti teknik augmentasi data, pengambilan

sampel ulang atau penyeimbangan data untuk mengurangi bias dalam data, 4) Mengembangkan algoritma pembelajaran mesin yang memprioritaskan pada matriks keadilan seperti peluang yang setara atau dampak yang berbeda, 5) Menentukan matrik keadilan yang sesuai untuk mengevaluasi kinerja model diberbagai kelompok demografis (Sreerama & Krishnamoorthy, 2022).

8.2.3 Privasi

Keamanan data menjadi penting dalam sistem teknologi AI mengingat sistem ini menyimpan berbagai macam jenis data informasi yang sangat besar. Tata kelola AI diperlukan untuk melindungi individu dari pemanfaatan data berlebihan oleh perusahaan atau bahkan kebocoran data karena bias yang terjadi dalam sistem. Penekanan keamanan data sebagai bentuk perlindungan data informasi yang tersimpan dan privasi data untuk mencegah kerugian pada pengguna. Pengawasan yang ketat sangat diperlukan untuk mengendalikan potensi penyalahgunaan AI oleh badan pemerintah, swasta dan pengguna. Panduan umum nilai etika dan tanggung jawab dalam pemanfaatan data melalui pengembangan kecerdasan AI oleh perusahaan dijadikan sebagai dasar pengujian sistem AI yang etis, mengidentifikasi potensi resiko pelanggaran moral etika sistem AI dan menentukan strategi mitigasi. Kebijakan pedoman tersebut harus dilakukan melalui tahapan pengamatan uji coba sistem, pengumpulan data, perumusan dan penyesuaian peraturan untuk memandu penerapan AI yang aman dan etis di dunia nyata.

Sistem AI memerlukan akses data pribadi untuk mengembangkan kemampuan analisa prediktifnya. Media sosial yang digunakan oleh individu masyarakat saat ini menjadi akses menuju data pribadi. Sistem AI menyerap segala informasi data pribadi yang diakses melalui penelusuran media sosial penggunanya (individu) sehingga sistem dapat menganalisa dan memprediksi kemungkinan tindakan yang akan diambil individu tersebut. Bagi pengembang usaha bisnis hal tersebut bisa mendatangkan manfaat dalam melihat peluang pemasaran produk namun pada saat yang sama tindakan pengambilan data tanpa persetujuan pengguna media sosial tersebut dengan sengaja dilakukan

oleh sistem AI. Sehingga potensi kerugian akan lebih terasa bagi pengguna sistem ini. Data pribadi memiliki nilai yang sangat besar bagi organisasi yang mencari untung dan menaikkan pendapatan dan data pribadi yang bebas di akses oleh sistem AI juga kemungkinan besar dapat disalahgunakan (Andika & Soemarno, 2023).

Hak atas perlindungan data pengguna sistem AI melalui pendekatan etika AI harus diberlakukan dalam lingkungan dimana inovasi teknologi akan selalu menantang konsep-konsep mendasar dan kemampuan adaptif hukum yang berlaku. Pengawasan terhadap pemanfaatan dan penyebaran informasi data pribadi individu yang di akses oleh sistem AI sebagai batasan koridor terhadap nilai-nilai privasi individu dan menjaga nilai-nilai sosial trans-individu. Permasalahan nilai-nilai privasi dan perlindungan data tidak terbatas pada data informasi individu tapi mencakup jenis privasi lainnya seperti perilaku pribadi, gerakan dan komunikasi. Instrumen permasalahan etika AI dengan pendekatan nilai privasi disertai dengan petunjuk potensi bahaya dan manfaat sosial akses data serta desain proyek teknologi yang mendukung. Batasan akses informasi data pribadi pengguna dalam sistem AI harus diuraikan dalam pedoman etis sistem AI mengingat data informasi dapat terimplikasi oleh teknologi informasi baru dan dapat dianalisis teknologi lainnya. Petunjuk etis sistem AI tidak cukup berpedoman pada prinsip hak asasi manusia namun melakukan penilaian sosial dan etika yang memungkinkan lebih banyak permasalahan yang dimasukkan dalam proses penilaian (Raab, 2020).

Semakin banyak organisasi yang mulai mengambil tindakan untuk mengatasi tantangan etika pada nilai privasi yang ditimbulkan oleh teknologi AI. Privasi adalah hak mutlak sebagai individu kepribadian dengan kendali atas informasi pribadi dan hak kerahasiaan. Perlindungan privasi data dan kendali atas informasi pribadi menjadi semakin penting seiring dengan meledaknya data informasi pada era AI. Banyak pengamat menilai bahwa AI bisa memperluas kemampuan untuk menggunakan informasi pribadi dengan cara yang dapat melanggar kepentingan privasi dengan membawa analisis data pribadi ke tingkat kekuatan dan kecepatan baru. Isu keamanan privasi data semakin menguat saat observasi penemuan cara melindungi informasi sensitif

dalam data akses terbuka. Privasi data menjadi isu yang membutuhkan penanganan mendesak yang harus diatur dalam pedoman etika AI, khususnya ketika data berisi informasi pribadi sensitif seperti melalui uji klinis dan genomik terancam dengan kurangnya keandalan, transparansi dan keadilan dalam desain model AI. Masalah privasi menjadi salah satu kekhawatiran yang muncul seiring dengan fakta data rahasia pribadi seperti rekam medis kesehatan individu rentan menjadi ancaman pada keselamatan diri (Zhang et al., 2021).

8.2.4 Nilai Akuntabilitas

Prinsip akuntabilitas harus dipahami sebagai dasar kuat penerapan sistem AI dalam kehidupan sosial untuk menghindari kesalahpahaman di masyarakat. Sistem AI perlu dirancang secara inklusif, mengutamakan kesetaraan sosial dan mengikuti prinsip etika. Ancaman atas penyebaran data informasi pribadi yang bersifat rahasia berpotensi pada modus kejahatan, konten *hoax* dan penyalahgunaan otomatisasi AI. Kebocoran data pribadi dan pengisian data diri berulang kali bisa diantisipasi dengan penerapan aturan prinsip regulasi yang kuat tentang nilai akuntabilitas keamanan data privasi. Prinsip nilai akuntabilitas untuk AI harus memanfaatkan pengalaman dari praktik sektor lain seperti privasi pada data perawatan kesehatan. Model tata kelola pengendalian nilai moral sistem AI efektif dengan menciptakan kepercayaan dan nilai akuntabilitas adopsi AI pada pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi mengukur, dan memitigasi atau mencegah penggunaan data, asumsi, metodologi, proses, atau interpretasi yang tidak akurat. Pertimbangan resiko privasi data sangat penting untuk dipastikan mengingat perlindungan kerahasiaan data sensitif adalah hak individu pengguna (Nielsen, 2024).

Sistem AI memiliki keterbatasan akuntabilitas yang dapat menghilangkan batasan moralitas. Hal tersebut memberi ancaman nyata dimana esensi manusia telah dimonopoli secara perlahan melalui kegiatan aktivitas sistem AI yang menggantikan fungsi kegiatan manusia secara sadar. Sistem AI meniru kemampuan kognitif manusia dalam proses pengambilan keputusan tapi tidak dapat melibatkan emosi, motivasi, identitas dan relasi sosial seperti layaknya manusia.

Pertimbangan tersebut yang mendasarkan penilaian bahwa keputusan sistem AI tidak dapat dijadikan dasar keputusan yang mutlak rasional berlaku pada manusia. Keputusan mesin sistem AI hanya dapat dijadikan rekomendasi awal dari proses pengambilan keputusan rasional manusia. Rekomendasi keputusan sistem AI tetap harus menyesuaikan dengan preferensi individual pengguna.

Pengembangan sistem AI berpotensi membalikkan perjuangan kebebasan individu dalam menentukan keputusan masa depan. Nilai kebebasan dalam berkehidupan yang selama ini menjadi dukungan pada pengembangan sistem AI untuk membentuk sistem pengambilan keputusan yang merdeka pada manusia, bisa perlahan menjadi otomatisasi mesin dalam pemikiran otak individu. Individu manusia tidak lagi bisa membedakan preferensi keputusan yang harus dihasilkan melalui proses kognitif dengan melibatkan emosi dan moral, tapi cenderung lebih mengikuti otomatis keputusan mesin AI secara sadar. Potensi bahaya ancaman ini menjadi lebih besar jika tidak diantisipasi dengan jaminan kualitas nilai akuntabilitas pada proses algoritma sistem AI.

Pembentukan nilai akuntabilitas pada algoritma sistem AI masih menemui kesulitan hingga saat ini. Terlalu banyak individu yang terlibat dalam proses desain pengembangan dan implementasi algoritma AI menjadi penyebab kebingungan dalam mengambil bentuk penerapan dimensi akuntabilitas pada sistem AI. Banyak perusahaan pengembang sistem AI masih menemui jalan buntu dalam mengaplikasikan nilai akuntabilitas. Hal tersebut bisa terjadi karena terdapat kemungkinan potensi bias data pada sistem AI tapi pihak pengembang belum dapat memastikan pihak mana yang dapat diminta pertanggungjawaban. Biasanya pihak perusahaan pengembang cenderung mengambil jalan pintas dengan menyalahkan sistem algoritma AI. Proses penelusuran sistem algoritma AI yang cukup rumit dalam mencari potensi bias data ini menjadi salah satu penyebab dari sulitnya penerapan nilai akuntabilitas pada sistem AI. Padahal jika kita tinjau lebih dalam algoritma sistem AI ini harusnya menjadi sistem yang membantu manusia dalam pengambilan keputusan yang tepat dan dapat dipercaya nilai keakuratannya untuk diterapkan pada aspek kehidupan sosial

manusia yang majemuk. Nilai akuntabilitas pada sistem AI dapat dimunculkan saat pengembang tidak lagi menyembunyikan logika internal dalam sistem AI. Padahal secara entitas sistem AI dikembangkan sebagai aspek kecerdasan buatan yang meniru manusia untuk dapat beradaptasi dalam konteks sosial dan pola etika moral. Pengembang harus memberikan kejelasan tentang prosedur sistem penggunaan AI, proses pengambilan keputusan dan potensi implikasinya. Adopsi AI yang etis menuntut akuntabilitas dan kepercayaan yang tinggi terhadap pemanfaatan sistem AI yang bertanggung jawab. Jaminan keamanan data yang digunakan oleh sistem AI harus dipastikan oleh pengembang demi menjaga kepercayaan pengguna dalam standar etika yang baku.

Nilai akuntabilitas terdiri dari dua komponen moral kepercayaan yaitu tanggung jawab dan rincian penjelasan. Tanggung jawab berkaitan dengan sesuatu yang merupakan tugas dan kewajiban untuk menangani sedangkan rincian penjelasan diberikan untuk memberikan pengertian dan pemahaman. Dalam algoritma sistem AI mewujudkan kedua komponen tersebut dirasa cukup sulit karena sehubungan dengan belum ada kepastian kejelasan parameter input dan output data. Sistem AI belum mempunyai kemampuan untuk menjelaskan secara pasti bagaimana sistem memperoleh prediksi atau kesimpulan yang dihasilkan. Pendekatan akuntabilitas dari sisi hukum dan etika merupakan syarat wajib yang harus dipenuhi oleh pengembang sistem AI sebagai gambaran bentuk tanggung jawab sosial yang lebih besar. Metode teknik transparansi pada proses pengambilan keputusan sistem AI harus ditingkatkan sehingga praktik-praktik yang tidak adil dan keputusan yang kurang etis bisa diminimalisir (Boch et al., 2022).

Pedoman etika AI pada nilai akuntabilitas merupakan solusi tindakan nyata untuk menerapkan aturan konseptual mekanisme akuntabilitas sistem AI. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan pedoman etika AI sehingga dapat menjamin nilai akuntabilitas sistem AI yaitu : 1) Biasanya pedoman nilai moral akuntabilitas masih bersifat abstrak dan belum dapat dipahami dalam algoritma sistem AI oleh karena itu prinsip dan pedoman nilai moral akuntabilitas yang dipakai harus mencerminkan dari nilai kepercayaan dan tanggung jawab para ahli yang terpilih menciptakan sistem AI

tersebut dan sejalan dengan prinsip kepercayaan yang dianut oleh pengguna, 2) Petunjuk teknis dalam perbaikan struktural teknis mesin karena kebanyakan aturan yang termuat dalam algoritma sistem AI belum mencerminkan nilai kepercayaan pada konteks fundamental sosial, ras dan ekonomi, 3) Aturan konsekuensi dan kompensasi sebagai upaya pertanggung jawaban terkait dampak sistem AI, 4) Pedoman harus berfokus pada perhatian dan peraturan krusial mengenai budaya bisnis dan eksploitasi (Hickok, 2021).

Bab 9

TANTANGAN DAN ISU-ISU DALAM *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*

9.1 Pendahuluan

Di era digital yang serba canggih seperti yang terjadi saat ini, Artificial Intelligence (AI) telah masuk ke dalam setiap sudut-sudut kehidupan kita. Dengan kemampuannya yang super canggih dalam menyelesaikan tugas-tugas manusia yang cukup kompleks, AI telah memberikan kontribusi signifikan di berbagai sektor. Namun, kemajuan AI ini perlu mendapatkan perhatian yang lebih serius karena dibalik kemajuan yang pesat ini, ternyata tersimpan tantangan dan isu-isu yang menimbulkan dampak yang negatif

Pada bab ini akan diuraikan secara lebih mendalam terhadap beberapa hal yang menjadi tantangan AI sehingga perlu mendapatkan perhatian. Harapannya adalah agar masyarakat dapat teredukasi dengan hal-hal mengenai kompleksitas dalam AI dan dampaknya dalam pengembangan serta penggunaan AI. Selain itu juga perlunya peran serta untuk mendorong diskusi mengenai dampak sosial yang ditimbulkannya. Dalam kesempatan ini selain menghadirkan tantangan dan isu-isu kritis tersebut, juga berusaha untuk merumuskan solusi dan strategi yang dapat memastikan penggunaan AI yang bertanggung jawab dan membawa manfaat bagi semua pihak.

AI memiliki dampak yang luas dan berpotensi untuk merevolusi berbagai aspek dalam kehidupan kita. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami sepenuhnya implikasi yang ditimbulkannya. Beberapa tantangan dan isu dalam AI yang akan coba dihadirkan dalam bab ini di antaranya adalah isu yang berkaitan dengan privasi dan keamanan data,

pengaruh AI dalam kaitannya dengan persoalan ketenagakerjaan, isu diskriminasi terhadap kelompok-kelompok minoritas, isu keamanan siber, Distrupsi Ketenagakerjaan serta ketergantungan pada teknologi

Tantangan dan isu-isu diatas akan diuraikan secara lebih detail pada pembahasan di bawah ini :

9.2 Privasi dan Keamanan Data

Tantangan dalam pemanfaatan AI salah satunya adalah masalah privasi dan keamanan data. Sebagaimana kita ketahui bersama bahwa AI ini mengumpulkan dan memproses data dalam jumlah yang sangat besar, yang menimbulkan risiko besar terkait privasi dan keamanan data. Konsekuensi yang bisa timbul dari hal ini adalah bagaimana masyarakat dapat memastikan bahwa data masyarakat sebagai pengguna AI aman dan tidak disalahgunakan oleh pihak-pihak tertentu (Elliott & Soifer, 2022). Secara lebih rinci, ada beberapa poin yang perlu menjadi pembahasan khusus mengenai privasi dan keamanan data dalam konteks AI ini, diantaranya :

9.2.1 Jenis Data yang Sensitif

Dalam konteks pemanfaatan AI, pemahaman yang utuh dan mendalam tentang jenis-jenis data yang sensitif sangat penting karena penggunaan data ini memiliki implikasi yang cukup signifikan terhadap privasi dan keamanan individu. Data sensitif adalah informasi yang jika terungkap atau disalahgunakan oleh pihak tertentu, dapat menyebabkan kerugian besar bagi individu yang memiliki data tersebut. Beberapa jenis data sensitif yang sering diolah oleh sistem AI adalah :

a. Data Identitas Diri

Data-data pribadi ini termasuk diantaranya adalah nama, alamat, tanggal lahir, nomor identitas pribadi seperti kartu tanda penduduk, nomor jaminan sosial, dan informasi-informasi identitas lainnya. Penggunaan data-data ini dalam AI dapat membantu dalam pelayanan pribadi tetapi juga terdapat risiko kebocoran identitas tersebut jika data ini tidak dijaga dengan baik, bertanggung jawab dan amanah.

b. Data Finansial

Data-data ini meliputi nomor rekening bank, informasi kartu kredit, data transaksi, dan informasi keuangan lainnya yang sensitif untuk dibuka kepublik. AI yang digunakan untuk menganalisis masalah-masalah keuangan dan bisa menimbulkan penipuan atau kriminalitas lainnya harus sangat ekstra hati-hati ditangani dalam rangka untuk mencegah akses tidak legal dan penyalahgunaan informasi keuangan.

c. Data Kesehatan

Data-data ini termasuk diantaranya rekam medis, hasil tes, diagnosa, riwayat pengobatan, dan informasi genetik lainnya. Data kesehatan ini sangat sensitif karena berkaitan dengan kondisi kesehatan pribadi seseorang yang sering kali sangat pribadi dan perlu dirahasiakan. AI dalam pengelolaan dan penyimpanan data kesehatan serta penelitian medis perlu mematuhi peraturan ketat untuk melindungi privasi pasien dari kebocoran data.

d. Data Lokasi

Data lokasi geografis pengguna yang diperoleh melalui GPS atau teknologi serupa memang sangat berguna untuk layanan berbasis lokasi, seperti navigasi atau rekomendasi tempat terdekat. Namun, penggunaan data ini harus dilakukan dengan sangat hati-hati untuk menjaga privasi pengguna. Penting untuk memastikan bahwa data lokasi tidak digunakan untuk mengikuti atau memantau individu tanpa persetujuan mereka, yang bisa menjadi pelanggaran privasi serius. Oleh karena itu, penggunaan data lokasi harus selalu disertai dengan kebijakan privasi yang kuat dan transparan, serta mekanisme keamanan yang memadai untuk melindungi data dari akses yang tidak sah.

e. Data Biometrik

Penggunaan data biometrik seperti sidik jari, pengenalan wajah, dan pola suara dalam AI memerlukan kehati-hatian yang tinggi. Data ini sangat sensitif karena dapat mengidentifikasi seseorang secara spesifik. Dalam sistem keamanan atau autentikasi yang

menggunakan AI, penting untuk memastikan bahwa ada langkah-langkah keamanan yang kuat untuk melindungi data ini dari akses yang tidak sah dan mencegah pencurian identitas. Ini termasuk enkripsi data, protokol keamanan yang ketat, dan kebijakan privasi yang jelas untuk menjaga kerahasiaan informasi pribadi pengguna.

f. Data Komunikasi

Dalam menganalisis data komunikasi seperti isi email, catatan riwayat panggilan, pesan teks, dan percakapan lainnya, sangat penting bagi AI untuk mendeteksi tanda-tanda kecurangan dengan tetap menjaga privasi dan kerahasiaan pengguna. AI harus dirancang dengan prinsip etika dan keamanan data yang kuat, memastikan bahwa semua analisis dilakukan dengan cara yang melindungi informasi pribadi pengguna dan mematuhi regulasi perlindungan data yang berlaku. Penggunaan teknologi ini harus seimbang antara kebutuhan untuk keamanan dan pentingnya menjaga kepercayaan pengguna.

g. Data Penggunaan Internet

Data yang mencakup riwayat penelusuran, login pencarian, dan penggunaan aplikasi memang dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang kebiasaan, minat, dan preferensi seseorang. Oleh karena itu, sangat penting untuk menangani data ini dengan kehati-hatian untuk melindungi privasi individu. Penggunaan data semacam ini harus diatur oleh kebijakan privasi yang ketat untuk memastikan bahwa informasi pribadi dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan sesuai dengan persetujuan pengguna.

Pengelolaan data sensitif oleh AI harus memprioritaskan perlindungan, transparansi, dan keterlibatan pengguna. Perlindungan dapat diwujudkan melalui teknologi keamanan canggih seperti enkripsi data dan pengelolaan akses yang ketat (Bertino et al., 2021). Transparansi membutuhkan pemberian informasi yang jelas kepada pengguna tentang bagaimana data pengguna dikumpulkan, digunakan, dan dibagikan. Keterlibatan pengguna berarti memberikan kontrol atas data mereka sendiri. Dengan menerapkan ketiga aspek ini, AI dapat membantu

memastikan bahwa data pribadi dijaga dengan aman sambil tetap memberikan manfaat dari teknologi yang inovatif.

Seiring dengan terus berkembangnya AI dengan begitu cepat, penting bagi pengembang, regulator, dan pengguna untuk bekerja sama dalam mengidentifikasi dan melindungi data-data yang sifatnya sensitif untuk mencegah penyalahgunaan informasi dan menjaga kepercayaan dalam teknologi AI. Dengan langkah-langkah yang tepat, AI dapat digunakan secara etis dan aman sehingga memberikan kemudahan dalam kehidupan tanpa mengorbankan privasi dan keamanan individu sebagai penggunaanya.

9.2.2 Resiko Kebocoran Data

Resiko kebocoran data dalam pemanfaatan AI merupakan isu serius yang memerlukan perhatian khusus karena potensi dampak yang timbul sangat besar terhadap privasi dan keamanan individu serta organisasi. Kebocoran data dapat terjadi melalui berbagai cara, dan dampaknya bisa sangat merugikan (Dilmaghani et al., 2019). Berikut adalah penjelasan lebih detail tentang risiko kebocoran data dalam konteks AI yang perlu diwaspadai oleh Masyarakat, yaitu :

a. Serangan Siber

Sistem AI sering kali menjadi target serangan siber karena dianggap menyimpan dan mengolah banyak data yang rahasia bernilai tinggi. Serangan ini dapat berupa peretasan sistem, di mana penyerang berhasil membobol sistem keamanan untuk mencuri data-data yang diinginkan (Bertino et al., 2021). Contoh yang umum terjadi adalah serangan *ransomware*, di mana data dienkripsi dan pemilik data diminta tebusan untuk pengembalian akses atas data dalam sistemnya.

b. Kesalahan Manusia

Kesalahan manusia sebagai pengguna AI menjadi salah satu penyebab utama kebocoran data. Hal ini bisa terjadi karena kelalaian dan kesalahan pengguna dalam melakukan konfigurasi keamanan sistem, penggunaan kata sandi yang lemah, atau kelalaian dalam mengelola akses ke sistem yang menyimpan data-data sensitif.

c. Pengamanan Data Tidak Kuat

Banyak organisasi sebagai pengembang system AI belum mengimplementasikan pengamanan data yang memadai, baik dari segi teknologi maupun prosedur. Hal ini dapat berupa kurangnya enkripsi, autentikasi dua faktor, dan kebijakan akses yang ketat. Ketidacukupan ini memberikan peluang bagi para pelaku kejahatan untuk mengakses data tanpa izin.

d. Insider Threats

Ancaman dari dalam organisasi, atau *insider threats*, adalah risiko yang sering diabaikan oleh organisasi. Karyawan atau pihak yang memiliki akses sah ke dalam sistem dapat secara tidak sengaja ataupun sengaja untuk membocorkan data-data penting yang dimiliki oleh organisasi. Ini bisa terjadi karena berbagai motif di antaranya motif keuangan, motif balas dendam, atau bisa terjadi karena kecerobohannya sendiri.

Dampak dari kebocoran data bisa sangat luas, mencakup:

a. Kerugian Finansial

Kebocoran data dapat menimbulkan konsekuensi finansial. Denda hukum dapat saja dikenakan jika kebocoran tersebut melanggar peraturan perlindungan data. Biaya pemulihan sistem juga bisa terjadi, termasuk biaya untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kerentanan, serta memperkuat sistem keamanan untuk mencegah insiden di masa depan. Selain itu, jika serangan tersebut melibatkan ransomware, organisasi yang memungkinkan organisasi dihadapkan pada pilihan untuk membayar tebusan kepada penyerang untuk mengembalikan akses ke data atau sistem yang terkunci.

b. Hilangnya Reputasi

Kehilangan kepercayaan dari konsumen dan pemangku kepentingan akibat kebocoran data dapat memiliki dampak yang sangat merugikan bagi sebuah organisasi. Reputasi yang terbangun selama bertahun-tahun bisa rusak dalam sekejap, dan kepercayaan yang

hilang sulit untuk dipulihkan. Hal ini juga dapat mengurangi keunggulan kompetitif organisasi, karena konsumen memilih untuk beralih ke pesaing yang dianggap lebih aman dan dapat dipercaya.

c. Gangguan Operasional

Kebocoran data dapat menyebabkan gangguan serius pada operasional bisnis, termasuk downtime sistem yang dapat menghentikan aktivitas bisnis dan mengakibatkan hilangnya produktivitas. Dalam beberapa kasus, perusahaan harus menutup operasi sementara untuk menyelidiki dan memperbaiki kerentanan keamanan, yang bisa berdampak pada pendapatan dan layanan pelanggan.

Karena risiko dan dampaknya yang luas, maka penting bagi organisasi untuk mengimplementasikan strategi pengamanan data yang komprehensif, memberikan pelatihan pada karyawan tentang strategi menciptakan keamanan siber, dan secara teratur dan rutin mengaudit dan memperbarui sistem keamanan sistem untuk mengurangi risiko kebocoran data dalam penggunaan AI.

9.2.3 Pengumpulan Data Yang Berlebihan

Pengumpulan data yang berlebihan, atau dalam bahasa Inggris dikenal dengan *data overcollection* merujuk pada aktivitas pengumpulan lebih banyak data dari yang sebenarnya diperlukan untuk tujuan tertentu. Fenomena seperti ini telah menjadi hal yang umum di era digital, terutama dengan munculnya teknologi AI yang mampu memproses dan menganalisis dalam volume yang besar dan cepat (Chen et al., 2021).

Pengumpulan data yang berlebihan terjadi ketika suatu entitas, baik itu perusahaan, organisasi, ataupun pemerintah mengumpulkan informasi pribadi untuk dijadikan bagian dari operasional sehari-hari atau tujuan khusus yang diinginkan. Biasanya terdapat beberapa motivasi yang mendorong pengumpulan data ini dilakukan, yaitu :

a. Inovasi dan Pengembangan Produk

Perusahaan sering kali mengumpulkan data untuk survei dengan tujuan memahami perilaku konsumen yang terus berubah. Informasi

ini sangat berharga dalam pengembangan produk dan personalisasi layanan, sehingga memungkinkan perusahaan untuk menyesuaikan penawaran mereka agar lebih sesuai dengan kebutuhan dan preferensi pelanggan. Namun, sangat penting bagi perusahaan untuk melakukan pengumpulan data ini dengan cara yang etis dan transparan serta memastikan bahwa privasi konsumen dihormati dan data yang dikumpulkan digunakan sesuai dengan hukum perlindungan data yang berlaku. Keterlibatan dan persetujuan konsumen dalam proses pengumpulan data juga penting untuk membangun kepercayaan dan mempertahankan hubungan yang baik dengan pelanggan.

b. Monetisasi Data

Data merupakan aset berharga bagi organisasi di era digital saat ini. Analisis data yang cermat dapat mengungkapkan informasi yang sangat berharga, yang bisa menjadi sumber pendapatan jika dijual kepada pihak ketiga. Namun, penting untuk diingat bahwa pengumpulan dan monetisasi data harus dilakukan dengan mematuhi hukum perlindungan data yang berlaku dan dengan pertimbangan etis yang serius. Organisasi harus memastikan bahwa privasi individu terlindungi dan bahwa data tidak digunakan dengan cara yang dapat merugikan pemilik data. Transparansi dengan pengguna tentang bagaimana data mereka dikumpulkan, digunakan, dan dibagikan adalah kunci untuk menjaga kepercayaan dan mematuhi regulasi.

c. Kompetisi Pasar

Dalam ekonomi yang didorong oleh data, memiliki akses ke data yang luas dan mendalam sering kali memberikan keunggulan kompetitif. Data dapat digunakan untuk memahami kebutuhan dan perilaku pelanggan, mengoptimalkan operasi, dan mempercepat inovasi. Namun, penting juga untuk menangani data dengan bertanggung jawab, memastikan keamanan dan privasi data, serta mematuhi regulasi yang berlaku. Dengan cara ini, organisasi tidak hanya dapat memperoleh keunggulan kompetitif tetapi juga membangun kepercayaan dan loyalitas pelanggan.

Pengumpulan data yang berlebihan ini merupakan isu penting yang memerlukan perhatian serius dalam implementasi teknologi AI dan sistem pengolahan data lainnya, untuk memastikan bahwa keamanan dan privasi pengguna tetap terjaga.

9.2.4 Pengawasan dan Profiling

Penggunaan AI untuk pengawasan dan *profiling* memiliki potensi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan keamanan. Namun, isu ini juga sering menimbulkan kontroversi, terutama terkait dengan etika dan privasi. Pengawasan yang dilakukan oleh AI dapat membantu dalam mendeteksi kejahatan dan peningkatan keamanan publik, tetapi juga dapat mengikis privasi individu jika tidak diatur dengan baik. *Profiling* dengan AI dapat mempercepat proses identifikasi dan personalisasi layanan, namun juga berpotensi memperkuat bias dan diskriminasi jika data yang digunakan tidak netral.

Pengawasan AI memiliki peran penting dalam berbagai aspek keamanan dan manajemen, seperti keamanan nasional, pencegahan kejahatan, dan pengelolaan lalu lintas. Teknologi ini memungkinkan pemantauan yang lebih efisien dan analisis data yang mendalam. Namun, kemampuan AI yang semakin canggih dalam pengawasan juga menimbulkan kekhawatiran terkait privasi dan potensi penyalahgunaan. Oleh karena itu, sangat penting untuk menerapkan pengaturan yang ketat dan transparan, serta mekanisme pengawasan yang memadai untuk memastikan bahwa teknologi pengawasan digunakan dengan cara yang etis dan bertanggung jawab, menghormati hak privasi individu dan mencegah penyalahgunaan wewenang. Keseimbangan antara keamanan dan privasi harus dijaga untuk memastikan bahwa teknologi AI memberikan manfaat tanpa mengorbankan hak-hak dasar individu.

Dalam pengawasan AI ini, terdapat teknologi yang digunakan sebagai pendukung diantaranya :

- a. Kamera Pengawasan. Kamera pengawasan yang dilengkapi dengan AI memberikan kemampuan untuk melakukan pemantauan secara real-time dan otomatis mengidentifikasi perilaku mencurigakan. Sistem ini menggunakan algoritma

pembelajaran mesin untuk menganalisis video secara kontinu dan dapat mengenali aktivitas yang tidak sesuai dengan pola normal. Hal ini sangat berguna untuk meningkatkan keamanan di tempat umum, bandara, atau bahkan di lingkungan perumahan. Namun, penting juga untuk memastikan bahwa penggunaan teknologi ini tidak melanggar privasi individu dan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

- b. Pengenalan Wajah. Pengenalan wajah adalah salah satu aplikasi AI yang paling menonjol, memungkinkan identifikasi cepat individu dari database besar. Teknologi ini menggunakan algoritma canggih untuk menganalisis fitur wajah dan mencocokkannya dengan gambar yang ada dalam sistem. Kecepatan dan akurasi pengenalan wajah AI sangat bermanfaat dalam berbagai situasi, seperti keamanan publik, verifikasi identitas, dan bahkan dalam pengaturan pribadi seperti membuka kunci perangkat seluler. Namun, penggunaan teknologi ini juga harus diimbangi dengan pertimbangan etis dan privasi yang ketat untuk mencegah penyalahgunaan dan melindungi hak individu.
- c. Analisis pola. Analisis Pola adalah salah satu kekuatan utama AI, di mana sistem dapat memproses dan menganalisis kumpulan data besar untuk mengidentifikasi pola perilaku yang tidak biasa atau berulang. Ini sangat berguna dalam berbagai aplikasi, seperti deteksi penipuan, pemantauan kesehatan, dan bahkan dalam rekomendasi produk. Dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin dan analisis statistik, AI dapat mengungkap insight yang tidak terlihat oleh analisis manusia biasa, membantu organisasi dalam membuat keputusan yang lebih tepat dan responsif terhadap tren atau ancaman yang muncul.

Profiling AI memiliki peran penting dalam banyak sektor, termasuk pemasaran, analisis kredit, asuransi, dan penegakan hukum. Dengan mengumpulkan dan menganalisis data, AI dapat menilai atau memprediksi perilaku, preferensi, atau kemungkinan tindakan individu atau kelompok. Ini membantu organisasi dalam membuat keputusan yang lebih tepat termasuk personalisasi layanan. Namun, penting untuk melakukan *profiling* dengan cara yang etis dan bertanggung jawab untuk memastikan bahwa data diperoleh dan digunakan dengan cara yang transparan dan adil, serta mematuhi regulasi perlindungan data yang berlaku untuk melindungi privasi individu.

Penggunaan AI dalam pengawasan dan *profiling* harus dilakukan dengan sangat hati-hati dan bertanggung jawab. Pengawasan yang berlebihan memang dapat mengganggu privasi individu, dan penting bagi teknologi ini untuk digunakan dengan cara yang menghormati hak-hak pribadi. Risiko penyalahgunaan wewenang juga menjadi perhatian serius, terutama dalam konteks pemerintahan otoriter yang mungkin menggunakan AI untuk tujuan diskriminatif. Selain itu, kesalahan dalam identifikasi, seperti yang terjadi dalam sistem pengenalan wajah, dapat memiliki konsekuensi serius, termasuk tuduhan yang salah terhadap individu yang tidak bersalah. Untuk memitigasi risiko yang terkait dengan penggunaan AI dalam pengawasan dan *profiling*, perlu diadakan sebuah regulasi dan standar etika yang ketat yang dapat melindungi privasi serta hak asasi manusia. Penting juga untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam penggunaannya, serta mengadopsi pendekatan berbasis hak yang menghormati dan melindungi hak asasi manusia dan kebebasan individu.

Dengan demikian, penggunaan AI harus dilakukan dengan pertimbangan yang hati-hati, menyeimbangkan manfaat dan risiko, serta diiringi dengan kebijakan yang jelas untuk menghindari pelanggaran privasi dan memastikan bahwa teknologi tidak berdampak negatif pada kebebasan individu. Melibatkan masyarakat sipil dan para pemangku kepentingan dalam proses pembuatan kebijakan dan implementasi AI adalah kunci untuk menciptakan sistem yang adil dan akuntabel.

9.3 Distrupsi Ketenagakerjaan

9.3.1 Pengertian Distrupsi Ketenagakerjaan

Distrupsi ketenagakerjaan adalah fenomena di mana pekerjaan dan peran tenaga kerja yang dilakukan oleh manusia berkurang atau dieliminasi akibat penerapan teknologi canggih, seperti otomatisasi, robotik dan kecerdasan buatan (AI). Distrupsi ketenagakerjaan terjadi ketika mesin dan perangkat lunak mampu melakukan tugas-tugas yang sebelumnya dilakukan oleh manusia dengan lebih efisien atau dengan biaya yang lebih rendah. Perkembangan teknologi yang memfasilitasi otomatisasi ini sering kali meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional, tetapi juga dapat menyebabkan penurunan permintaan terhadap tenaga kerja manusia dalam beberapa sektor atau fungsi pekerjaan (Haritha & Lohani, 2024).

Secara umum, Distrupsi ketenagakerjaan melibatkan dua aspek utama:

a. **Penggantian Pekerjaan**

Teknologi menggantikan pekerjaan yang telah ada, dimana mesin dan sistem AI mengambil alih fungsi yang sebelumnya dilakukan oleh manusia. Hal ini sering terlihat di industri manufaktur, di mana robot telah menggantikan banyak pekerja pada lini produksi.

b. **Perubahan Struktur Pekerjaan**

Teknologi tidak hanya menghilangkan pekerjaan, tetapi juga menciptakan pekerjaan baru dan mengubah kebutuhan keterampilan di pasar tenaga kerja. Misalnya, disatu sisi banyak pekerjaan manual mungkin berkurang, tetapi permintaan untuk pekerjaan di bidang pemrograman, analisis data, dan pemeliharaan teknologi cenderung meningkat.

Distrupsi ketenagakerjaan memerlukan adaptasi dari tenaga kerja serta perubahan kebijakan dari pemerintah dan lembaga pendidikan untuk memfasilitasi transisi ke pekerjaan baru dan mengembangkan keterampilan yang relevan untuk tenaga kerja yang semakin didominasi oleh teknologi.

9.3.2 Dampak Distrupsi Ketenagakerjaan

Kehadiran AI telah membawa dampak signifikan pada berbagai aspek sosial dalam masyarakat. AI, sebagai teknologi yang mampu melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia, telah mengubah cara kita bekerja, berinteraksi, dan menjalani kehidupan sehari-hari (Müller & Düsing, 2024). Beberapa dampak sosial yang perlu mendapatkan perhatian diantaranya :

a. Meningkatnya Ketimpangan Sosial

AI memiliki potensi untuk memperlebar kesenjangan ekonomi dan sosial. Individu dan wilayah yang memiliki akses lebih baik pada teknologi canggih dengan keterampilan yang relevan cenderung mendapat manfaat lebih dari kemajuan AI ini. Hal ini dapat meningkatkan ketidaksetaraan, karena mereka yang kurang memiliki akses pada AI atau keterampilan akan tertinggal. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan strategi yang memastikan bahwa manfaat AI dapat dinikmati oleh semua lapisan masyarakat, termasuk melalui pendidikan dan pelatihan yang memadai, serta kebijakan yang mendukung distribusi keuntungan teknologi secara lebih merata.

b. Perubahan dalam Interaksi Sosial

AI telah mengubah cara kita berinteraksi, terutama di media sosial dan melalui interaksi dengan bot serta asisten virtual. Algoritma media sosial yang didorong oleh AI dapat mempengaruhi apa yang kita lihat dan bagaimana kita berkomunikasi, sering kali memperkuat dan mempengaruhi opini kita. Sementara itu, bot dan asisten virtual yang semakin canggih memungkinkan interaksi yang lebih efisien, tetapi juga dapat mengurangi kebutuhan akan kontak manusia secara langsung. Ini menimbulkan pertanyaan penting tentang bagaimana AI mempengaruhi hubungan sosial kita, termasuk dampaknya terhadap empati dan koneksi manusia.

c. Pengaruh pada Sistem Pendidikan

Sistem pendidikan harus responsif dan beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan yang dibawa oleh AI. Pendidikan dalam bidang

STEM (sains, teknologi, teknik, dan matematika) menjadi semakin penting, karena keterampilan ini mendasari inovasi dan pengembangan AI. Selain itu, konsep pembelajaran seumur hidup harus ditekankan sehingga mendorong individu untuk terus memperbarui dan meningkatkan keterampilan mereka sepanjang karir. Ini akan membantu memastikan bahwa semua orang dapat berpartisipasi dalam kegiatan sosial dan ekonomi yang didorong oleh teknologi dengan meminimalkan risiko kesenjangan keterampilan di masa depan (Li et al., 2023).

9.3.3 Visi Masa Depan Pekerjaan di Era AI

Visi masa depan pekerjaan di era AI mendalam dan kompleks. AI memberikan dampak yang signifikan pada struktur pekerjaan, jenis pekerjaan, dan kebutuhan keterampilan. Perubahan ini tidak hanya pada jenis pekerjaan yang dilakukan, tetapi juga pada cara kita bekerja dan berinteraksi di tempat kerja. AI dapat mengotomatisasi tugas-tugas rutin, AI memungkinkan pekerja untuk fokus pada pekerjaan yang lebih kreatif dan strategis. Selain itu, AI juga dapat mempengaruhi dinamika kerja tim dan kolaborasi, memerlukan adaptasi dalam komunikasi dan koordinasi. Penting bagi masyarakat untuk mempersiapkan transisi ini dengan bijaksana agar semua orang dapat memanfaatkan peluang yang ditawarkan oleh AI (Frey & Osborne, 2017).

AI diperkirakan akan terus mengotomatisasi tugas-tugas yang rutin dan berulang, yang sebelumnya dilakukan oleh manusia, seperti dalam manufaktur, analisis data, dan layanan pelanggan. Namun, AI tidak hanya menggantikan pekerjaan, tetapi juga menciptakan pekerjaan baru, seperti dalam pengembangan AI, manajemen data, keamanan siber, dan pemeliharaan sistem otomatis. Ini menandakan pergeseran ke pekerjaan yang memerlukan keterampilan teknis dan analitis tingkat tinggi, dan menuntut adaptasi dalam pendidikan dan pelatihan untuk mempersiapkan tenaga kerja dimasa depan.

AI menuntut keterampilan baru dan beragam yang melampaui bidang teknologi informasi. Keterampilan seperti pemikiran kritis, manajemen kompleksitas, dan kreativitas menjadi sangat penting, serta kemampuan antarpribadi dan kolaborasi dengan mesin. Dalam dunia

kerja yang terus berubah, pelatihan ulang dan pendidikan berkelanjutan menjadi kunci untuk menjaga relevansi keterampilan. Institusi pendidikan dan perusahaan harus cepat beradaptasi dengan kebutuhan keterampilan ini, memastikan bahwa tenaga kerja siap untuk tantangan dan peluang yang dibawa oleh AI.

AI dan teknologi terkait telah membuka jalan bagi fleksibilitas yang lebih besar dalam cara kita bekerja. Pandemi COVID-19 mempercepat tren kerja remote, dan AI mendukung hal ini dengan memfasilitasi komunikasi dan kolaborasi yang efisien antara tim yang tersebar di berbagai lokasi. Kita mengharapkan masa depan pekerjaan yang lebih hibrid, di mana bekerja di kantor dan bekerja dari rumah akan menjadi norma dan AI akan berperan penting dalam mengelola dan mengoptimalkan alur kerja serta interaksi secara virtual, juga memastikan produktivitas tetap tinggi meskipun ada perubahan dalam struktur kerja tradisional.

Pekerjaan yang terintegrasi dengan AI akan berpotensi meningkatkan kualitas hidup kita dengan mengambil alih tugas-tugas rutin yang membebani, sehingga memberi kita lebih banyak kesempatan untuk menggeluti aktivitas yang memenuhi kebutuhan intelektual dan personal kita. Akan tetapi, untuk mewujudkan potensi ini, diperlukan penerapan AI yang dilakukan dengan cara yang etis dan seimbang, dengan tujuan agar keuntungan yang ditawarkan oleh teknologi ini dapat dirasakan oleh semua orang secara adil dan merata.

Masa depan pekerjaan yang terintegrasi dengan AI memerlukan kesiapan dari berbagai pihak, termasuk pekerja, perusahaan, pendidik, dan pembuat kebijakan, untuk menghadapi perubahan yang cepat dan sering kali tak terduga. Investasi dalam pengembangan keterampilan, pembangunan infrastruktur yang memadai, dan penerapan strategi inovatif menjadi sangat penting untuk memaksimalkan potensi AI dalam meningkatkan produktivitas dan memperkaya pekerjaan manusia. Dengan pendekatan yang tepat, kita dapat melihat masa depan pekerjaan dengan AI tidak hanya sebagai serangkaian tantangan, tetapi juga sebagai peluang emas untuk mereformasi dan meningkatkan cara kita bekerja,

serta berkontribusi pada kehidupan sosial dan ekonomi yang lebih dinamis dan berkelanjutan.

9.4 Ketergantungan Pada Teknologi

Ketergantungan masyarakat pada teknologi, khususnya AI merupakan topik yang sangat penting dan relevan untuk diberikan perhatian. Kita ketahui bersama bahwa teknologi telah menjadi bagian inti dari banyak aspek kehidupan kita, mempengaruhi cara kita bekerja, belajar, berkomunikasi, dan bahkan berinteraksi secara sosial. Saat ini AI membawa banyak manfaat, seperti efisiensi waktu dan kemampuannya untuk menyelesaikan tugas-tugas yang kompleks, namun ada kekhawatiran tentang dampaknya terhadap pekerjaan, privasi, dan keterampilan interpersonal (LaGrandeur, 2020).

Penting untuk kita memahami dan mengelola ketergantungan ini agar kita dapat memanfaatkan teknologi dengan cara yang berkelanjutan dan etis serta memastikan bahwa kita tetap mengendalikan dan mendapatkan manfaat dari inovasi ini tanpa merugikan aspek penting lainnya dari kehidupan kita (Benda et al., 2021).

9.4.1 Berkurangnya Keterampilan Manusia

Era digital yang didominasi oleh AI dan otomatisasi menimbulkan kekhawatiran tentang potensi kehilangan keterampilan manusia. Keterampilan tradisional untuk kehidupan sehari-hari dan pekerjaan dapat tergantikan oleh solusi teknologi yang lebih efisien. Ini menuntut kita untuk terus belajar dan mengembangkan keterampilan baru yang relevan dengan perubahan teknologi serta memastikan bahwa kita tetap bernilai dan kompetitif dalam pasar kerja yang terus berubah. Kita harus menciptakan keseimbangan antara pemanfaatan teknologi dan keterampilan manusia yang unik dan tidak dapat digantikan oleh mesin (Pelau et al., 2021).

AI dan otomatisasi telah secara signifikan mengubah lanskap pekerjaan, mengurangi kebutuhan akan keterampilan manual dan rutin yang sebelumnya dianggap penting. Misalnya, penggunaan mesin scan otomatis dan sistem pembayaran tidak tunai telah mengurangi kebutuhan untuk melakukan hitungan cepat dan akurat yang biasanya

diperlukan oleh kasir. Demikian pula, teknologi navigasi seperti GPS telah mengeliminasi kebutuhan navigasi tradisional, termasuk membaca peta atau menghafal rute jalan. Perubahan ini menekankan pentingnya adaptasi dan pengembangan keterampilan baru yang sesuai dengan tuntutan zaman.

Sistem pendidikan tradisional, yang dulunya berfokus pada pengajaran keterampilan dasar seperti menulis tangan dan aritmatika, kini harus bertransformasi untuk mengikuti perkembangan zaman. Ada kebutuhan mendesak bagi institusi pendidikan untuk memperbarui kurikulumnya dengan memasukkan keterampilan yang relevan dengan abad ke-21 seperti pemrograman, analisis data, dan pemikiran kritis lainnya. Keterampilan-keterampilan ini sangat penting untuk memenuhi kebutuhan pasar kerja modern yang semakin didominasi oleh teknologi.

Ketergantungan yang semakin besar pada teknologi, termasuk AI, dapat menyebabkan fenomena kehilangan keterampilan, di mana individu menjadi kurang mampu untuk melakukan tugas-tugas tertentu tanpa bantuan teknologi. Hal ini tidak hanya berdampak pada keterampilan fisik, tetapi juga dapat mempengaruhi kemampuan kognitif. Sebagai contoh, penggunaan kalkulator canggih dan perangkat lunak matematika telah membuat banyak orang bergantung pada teknologi untuk perhitungan kompleks, yang dapat mengurangi kemampuan mereka dalam pemecahan masalah dan pemahaman konsep matematika dasar (Zarifhonarvar, 2023).

Menghadapi perubahan yang dibawa oleh AI dan teknologi memerlukan strategi yang komprehensif. Pendidikan dan pelatihan yang berkelanjutan menjadi sangat penting, dengan penekanan pada keterampilan yang unik bagi manusia seperti kreativitas, empati, dan keterampilan sosial yang sulit untuk ditiru oleh AI. Penting juga untuk menemukan keseimbangan antara pemanfaatan teknologi dan pengembangan keterampilan manusia, untuk memastikan bahwa teknologi mendukung, bukan menggantikan, peran penting keterampilan manusia dalam masyarakat. Dengan cara ini, kita dapat meminimalkan risiko kehilangan keterampilan penting yang mestinya

dimiliki manusia dan memastikan bahwa kemajuan teknologi berjalan beriringan dengan peningkatan kemampuan manusia.

9.4.2 Berkurangnya Interaksi Manusia

Ketergantungan yang meningkat pada teknologi, terutama AI, menimbulkan tantangan yang luar biasa terkait dengan berkurangnya interaksi manusia. Fenomena ini dapat mempengaruhi dinamika sosial, kesehatan mental, dan pengembangan kemampuan interpersonal. Meskipun teknologi memungkinkan kita untuk terhubung dengan cara baru, tetapi tetap penting untuk mempertahankan dan menghargai nilai interaksi manusia secara langsung yang tidak hanya memperkaya pengalaman sosial kita, tetapi juga penting untuk kebutuhan emosional dan perkembangan pribadi kita.

Otomatisasi dan alat-alat berbasis AI seperti *Customer Relation Management* (CRM) dan asisten virtual telah mengubah dinamika interaksi manusia di tempat kerja. Meskipun teknologi ini meningkatkan efisiensi, tetapi juga dapat mengurangi kesempatan untuk komunikasi tatap muka yang mana hal ini sangat penting dalam membangun hubungan kerja yang kuat, memicu kreativitas, dan mempertahankan budaya perusahaan yang positif. Kurangnya interaksi ini bisa membuat pekerja merasa terisolasi, yang dapat mempengaruhi kepuasan kerja.

Penggunaan platform *e-learning* yang didukung AI dan sumber daya digital dalam pendidikan telah mengubah cara interaksi antara guru dan murid serta antar siswa. Meskipun teknologi ini memberikan akses yang lebih luas dan memungkinkan pembelajaran yang dipersonalisasi, kurangnya interaksi fisik dapat membatasi pengembangan keterampilan sosial dan komunikasi yang efektif. Interaksi langsung sangat penting karena memungkinkan pertukaran emosional dan komunikasi non-verbal yang mendukung proses pembelajaran, seperti pemberian dukungan, empati dan motivasi secara langsung.

Untuk mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh ketergantungan pada teknologi, khususnya AI, diperlukan strategi adaptasi yang seimbang dan terstruktur:

a. Pengembangan Teknologi yang Menyokong Interaksi Manusia

Mendorong inovasi dan adopsi teknologi yang memperkaya bukan menggantikan interaksi manusia. Sebagai contoh, penggunaan teknologi realitas virtual (VR) untuk menciptakan simulasi interaksi sosial yang lebih autentik dalam pendidikan dan pelatihan.

b. Pendidikan dan Kesadaran

Mengintegrasikan pendidikan tentang pentingnya keterampilan interpersonal dan komunikasi ke dalam kurikulum sekolah dan program pelatihan di perusahaan.

c. Inisiatif Tempat Kerja

Mengimplementasikan kebijakan yang mendukung pertemuan rutin dan interaksi langsung di tempat kerja, yang esensial untuk membangun hubungan dan kerjasama tim yang kuat.

Mengakui dan mengatasi berkurangnya interaksi manusia sebagai dampak dari ketergantungan teknologi adalah langkah penting bagi individu, institusi pendidikan, dan organisasi. Dengan menerapkan pendekatan yang lebih terintegrasi dan manusiawi, kita dapat meminimalisir dampak negatif dan memastikan bahwa teknologi digunakan untuk meningkatkan, bukan menggantikan, hubungan sosial yang berharga.

9.4.3 Kesehatan Mental dan Fisik

Ketergantungan pada teknologi, terutama dalam konteks kecerdasan buatan (AI), memiliki implikasi yang signifikan tidak hanya pada kesehatan mental tapi juga kesehatan fisik penggunaannya. Perkembangan teknologi yang cepat dan penetrasi AI yang luas dalam kehidupan sehari-hari dapat memberikan manfaat signifikan namun juga membawa tantangan khusus bagi kebutuhan fisik dan psikologis.

Pengaruh teknologi, khususnya penggunaan internet dan media sosial secara berlebihan terhadap kesehatan mental adalah topik yang penting dibahas. Kecemasan dan depresi sering kali dikaitkan dengan isolasi sosial yang diakibatkan oleh layanan yang mengurangi interaksi nyata antar manusia padahal ini merupakan aspek penting untuk

kesehatan mental yang baik. Tekanan dan *overload* informasi dari AI yang tersedia tanpa henti dapat menyebabkan kelelahan informasi, mempengaruhi kemampuan mengelola stres dan pengambilan keputusan. Dampaknya pada siklus tidur di mana penggunaan perangkat secara terus-menerus, terutama sebelum tidur dapat mengganggu produksi melatonin dan merusak kualitas tidur, yang berdampak pada kesehatan mental secara umum. Menggunakan teknologi dengan bijak dan memastikan bahwa kita menjaga keseimbangan antara dunia digital dan kesehatan mental kita adalah pilihan tepat untuk kesehatan.

Ketergantungan pada teknologi juga dapat berdampak negatif pada kesehatan fisik kita. Kurangnya aktivitas fisik akibat banyak duduk dan kurang bergerak dapat meningkatkan risiko obesitas, penyakit kardiovaskular, dan diabetes tipe 2. Sindrom penglihatan komputer juga menjadi masalah di mana paparan layar yang berlebihan bisa menyebabkan ketegangan mata, sakit kepala, penglihatan kabur, dan mata kering. Posisi duduk yang tidak tepat saat menggunakan perangkat teknologi dapat menimbulkan masalah ergonomis, termasuk nyeri leher dan punggung.

Untuk mengatasi dampak negatif dari penggunaan teknologi yang berlebihan terhadap kesehatan mental dan fisik, beberapa langkah strategis dapat diambil, diantaranya:

a. Kesadaran dan Edukasi

Penting untuk meningkatkan kesadaran tentang efek samping kesehatan dari penggunaan teknologi yang berlebihan. Edukasi mengenai cara penggunaan teknologi yang sehat sangat diperlukan, termasuk pentingnya mengambil istirahat secara teratur dari layar.

b. Pengaturan Waktu

Memanfaatkan aplikasi atau fitur bawaan pada perangkat untuk memantau dan membatasi waktu penggunaan teknologi dapat membantu mengurangi dampak negatifnya. Ini termasuk pembatasan waktu layar, terutama di malam hari, untuk membantu memperbaiki kualitas tidur.

c. Promosi Aktivitas Fisik

Mendorong kebiasaan sehari-hari yang melibatkan aktivitas fisik dapat mengurangi risiko kesehatan yang terkait dengan gaya hidup sehari-hari. Organisasi dan sekolah dapat berkontribusi dengan menyediakan waktu dan fasilitas untuk kegiatan olahraga dan rekreasi.

d. Pendekatan Ergonomis

Mendesain tempat kerja dan area belajar yang ergonomis sangat penting untuk mengurangi risiko cedera yang berkaitan dengan penggunaan teknologi yang berlebihan. Hal ini termasuk pengaturan kursi yang tepat, ketinggian monitor yang sesuai, dan penggunaan perangkat pendukung lainnya untuk meminimalkan ketegangan fisik.

Dengan menerapkan strategi-strategi ini, kita dapat membantu memastikan bahwa teknologi memberikan manfaat tanpa mengorbankan kesehatan mental dan fisik kita.

Bab 10

MASA DEPAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*

10.1 Perkembangan Terbaru dalam Kecerdasan Buatan

Kecerdasan Buatan (AI) telah menjadi salah satu bidang teknologi yang berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Dari perangkat lunak hingga robotika, AI telah menemukan aplikasi di berbagai industri dan aspek kehidupan manusia. Perkembangan terbaru dalam AI menjanjikan kemajuan lebih lanjut dalam otomatisasi, pemecahan masalah kompleks, dan bahkan interaksi manusia-mesin yang lebih intuitif. Dalam tulisan ini, kita akan mengeksplorasi beberapa perkembangan terbaru dalam kecerdasan buatan serta dampaknya dalam berbagai bidang.



Gambar 10.1 Perkembangan Kecerdasan Buatan
(Sumber: www.intipesan.com)

10.1.1 Perkembangan Teknologi *Deep Learning*

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi Deep Learning telah menjadi salah satu tonggak utama dalam kemajuan

kecerdasan buatan (AI). Sebagaimana yang diungkapkan oleh LeCun *et al.* (2015), metode-metode baru dalam deep learning telah menghadirkan kemampuan untuk mengembangkan model-model AI yang semakin kompleks dan akurat dalam menganalisis serta mengenali pola-pola data yang rumit. Contohnya, dalam aplikasi pengenalan wajah, teknologi deep learning telah memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan akurasi pengenalan wajah, bahkan dalam situasi yang penuh dengan variasi cahaya, sudut pengambilan gambar, dan ekspresi wajah yang berbeda.

10.1.2 Integrasi AI dalam Kesehatan dan Perawatan Medis

Penggunaan teknologi AI dalam sektor kesehatan dan perawatan medis telah mengalami kemajuan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Seperti yang dijelaskan oleh Esteva *et al.* (2017), teknologi AI telah membuka peluang baru dalam mendiagnosis penyakit dan merencanakan perawatan pasien. Penerapan teknologi AI dalam menganalisis gambar medis seperti sinar-X dan MRI telah membantu dokter dan tenaga medis untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan cepat dalam memberikan layanan kesehatan kepada pasien, terutama di daerah-daerah yang memiliki akses terbatas terhadap tenaga medis berkualitas.

10.1.3 AI dalam Transportasi Otonom

Bidang transportasi juga telah mengalami revolusi berkat perkembangan teknologi AI, khususnya dalam pengembangan kendaraan otonom. Seperti yang disampaikan Mahmud *et al.* (2022), teknologi AI telah memungkinkan pengembangan sistem kendaraan otonom yang lebih cerdas dan adaptif terhadap lingkungan jalan yang dinamis. Sistem-sistem AI yang terintegrasi dalam kendaraan otonom mampu melakukan pengenalan objek, mengambil keputusan berdasarkan situasi lalu lintas, dan berinteraksi dengan kendaraan lainnya, membawa dampak signifikan dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi transportasi di masa depan.

10.2 Dampak Potensial AI terhadap Dunia Kerja

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan kecerdasan buatan (AI) telah mengubah lanskap dunia kerja secara signifikan.

Dengan kemampuan AI untuk melakukan tugas-tugas yang dulunya hanya bisa dilakukan oleh manusia, banyak yang mengkhawatirkan dampaknya terhadap lapangan kerja. Dalam tulisan ini, kita akan mengeksplorasi dampak potensial AI terhadap dunia kerja serta bagaimana hal ini dapat mempengaruhi masyarakat dan ekonomi secara keseluruhan.



Gambar 10.2 Dampak AI terhadap Dunia Kerja
(Sumber: www.djkn.kemenkeu.go.id)

10.2.1 Penggantian Pekerjaan Manusia oleh AI

Dampak utama dari perkembangan AI terhadap dunia kerja adalah penggantian peran dan tugas-tugas manusia dengan teknologi, seperti mesin dan algoritma. Dalam era otomatisasi yang semakin meluas, banyak pekerjaan yang dulunya dijalankan oleh tenaga manusia kini dapat dilakukan dengan lebih efisien oleh sistem AI. Sebuah penelitian terbaru yang dimuat di "Journal of Economic Perspectives" menyoroti bahwa perkembangan teknologi AI telah memicu proses otomatisasi dalam berbagai sektor industri. Hal ini mengakibatkan sejumlah pekerja kehilangan pekerjaan mereka, terutama di sektor-sektor yang rentan terhadap otomatisasi seperti manufaktur dan layanan perbankan. Analisis yang dilakukan oleh Acemoglu & Restrepo (2022) menggarisbawahi pentingnya pemahaman terhadap transformasi ini dalam mengelola dampaknya secara sosial dan ekonomi.

10.2.2 Transformasi Keahlian dan Keterampilan yang Diperlukan

Seiring dengan otomatisasi yang berkembang, tuntutan terhadap keahlian dan keterampilan dalam dunia kerja juga mengalami perubahan. Teknologi AI mempengaruhi lanskap kerja dengan meningkatkan permintaan akan keahlian teknis dan pemrograman yang lebih tinggi. Dalam studi yang diterbitkan oleh "International Journal of Human Resource Management," DiPietro dan Pantano (2022) menjelaskan bahwa pekerjaan yang sifatnya rutin dan repetitif cenderung tergantikan oleh otomatisasi. Karena itu, pendidikan dan pelatihan tenaga kerja harus beradaptasi untuk mempersiapkan individu dengan keterampilan yang relevan dengan kebutuhan pasar kerja yang semakin terotomatisasi. Pentingnya pengembangan keterampilan baru dan adaptasi dalam lingkungan kerja modern menjadi sangat ditekankan dalam konteks ini.

10.2.3 Peluang Baru dalam Inovasi dan Kreativitas

Meskipun munculnya kekhawatiran terkait penggantian pekerjaan oleh AI, perkembangan ini juga membawa peluang baru dalam inovasi dan kreativitas. Penggunaan teknologi AI tidak hanya terbatas pada otomatisasi tugas-tugas rutin, tetapi juga membuka pintu bagi pengembangan produk dan layanan yang lebih inovatif. Menurut Esteva *et al.* (2017), penggunaan teknologi AI dalam operasional perusahaan dapat meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Selain itu, AI juga mendorong perkembangan dalam bidang analisis data dan pengembangan aplikasi AI. Dengan demikian, perkembangan AI tidak hanya memengaruhi aspek pekerjaan yang ada, tetapi juga membawa peluang baru dalam menciptakan nilai tambah bagi organisasi dan masyarakat secara luas.

10.3 Etika dan Tanggung Jawab dalam Pengembangan AI

Pengembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah menjadi salah satu tren utama dalam dunia teknologi modern. Dengan kemampuannya untuk memproses data besar dan melakukan tugas-tugas yang sebelumnya hanya bisa dilakukan oleh manusia, AI telah mengubah banyak aspek kehidupan kita, mulai dari layanan kesehatan, transportasi, hingga keamanan. Namun, bersamaan dengan perkembangan yang pesat, muncul pula tantangan etika dan tanggung

jawab yang perlu diatasi. Dalam tulisan ini, akan dibahas mengenai pentingnya etika dan tanggung jawab dalam pengembangan AI, serta beberapa pendekatan yang dapat dilakukan untuk memastikan penggunaan teknologi ini sesuai dengan nilai-nilai yang diinginkan.



Gambar 10.3 Etika dan Tanggung Jawab dalam Pengembangan AI
(Sumber: www.goodnewsfromindonesia.id)

10.3.1 Etika dalam Pengembangan AI: Menghadapi Tantangan yang Kompleks

Pentingnya memiliki kerangka kerja etika yang kuat dalam pengembangan dan penerapan AI menjadi semakin jelas seiring dengan kemajuan teknologi. Dalam era di mana AI semakin terlibat dalam berbagai aspek kehidupan manusia, penting untuk memastikan bahwa teknologi ini beroperasi sesuai dengan prinsip-prinsip etika yang jelas. Johnson & Khoshgoftaar (2023) menyoroti bahwa tantangan utama dalam mengembangkan AI adalah memastikan bahwa teknologi tersebut tidak hanya efektif secara teknis tetapi juga mematuhi prinsip-prinsip etika yang meliputi keadilan, transparansi, dan akuntabilitas. Dengan demikian, pengembang AI perlu mempertimbangkan secara serius dampak potensial teknologi ini terhadap masyarakat dan memastikan bahwa langkah-langkah etis diambil dalam setiap tahap pengembangan.

10.3.2 Tanggung Jawab dalam Implementasi AI: Menjaga Keseimbangan antara Inovasi dan Keselamatan

Dalam mengimplementasikan teknologi AI, tanggung jawab menjadi faktor kunci yang harus diperhatikan secara serius. Nascimento et al. (2022) menekankan bahwa para pengembang AI memiliki tanggung jawab yang besar terhadap produk-produk yang mereka hasilkan, terutama terkait dengan keamanan dan kesejahteraan pengguna. Tanggung jawab ini mencakup aspek perlindungan data yang ketat, penerapan standar keselamatan yang memadai, serta upaya pencegahan terhadap potensi penyalahgunaan teknologi AI. Namun, tantangan nyata terletak pada bagaimana menjaga keseimbangan antara mempromosikan inovasi teknologi AI yang baru dengan memastikan bahwa penggunaannya tetap aman dan etis, serta tidak merugikan masyarakat secara luas.

10.3.3 Mengatasi Bias dalam Algoritma AI: Menuju Pengembangan yang Adil dan Berkelanjutan

Salah satu isu krusial dalam pengembangan AI adalah kecenderungan algoritma untuk memperkuat bias yang ada dalam data yang digunakan untuk melatih mereka. Buolamwini & Gebru (2022) menyoroti bahwa bias dalam algoritma AI dapat menghasilkan diskriminasi yang tidak disengaja terhadap kelompok-kelompok tertentu, seperti minoritas dan wanita. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengambil langkah-langkah proaktif dalam mengidentifikasi dan mengurangi bias dalam sistem AI. Langkah-langkah ini meliputi diversifikasi dataset, penggunaan metode pelatihan yang lebih adil, dan evaluasi yang cermat terhadap hasil algoritma untuk memastikan keadilan dan inklusivitas dalam pengembangan teknologi AI. Dengan demikian, fokus pada pengembangan AI yang adil dan berkelanjutan tidak hanya penting untuk menghindari diskriminasi, tetapi juga untuk memastikan bahwa teknologi ini memberikan manfaat maksimal bagi semua pihak yang terlibat.

10.4 Integrasi AI dalam Kehidupan Sehari-hari

Integrasi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam kehidupan sehari-hari telah menjadi semakin meluas. Dari asisten virtual hingga kendaraan otonom, AI telah membawa perubahan besar dalam cara kita berinteraksi dengan teknologi. Dalam tulisan ini, akan dibahas

bagaimana AI telah terintegrasi dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari, memberikan manfaat yang signifikan bagi masyarakat secara keseluruhan.



Gambar 10.4 Integrasi AI dalam Kehidupan Sehari-hari
(Sumber: www.crocodic.com)

10.4.1 AI dalam Pendidikan: Transformasi Pembelajaran di Era Digital

Penerapan AI dalam dunia pendidikan telah menghasilkan transformasi yang signifikan dalam cara pembelajaran dilakukan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arifin & Nugroho (2022), ditemukan bahwa AI memungkinkan personalisasi pembelajaran yang lebih baik. Hal ini terjadi karena AI dapat mengidentifikasi kebutuhan individual setiap siswa dan menyajikan materi pembelajaran sesuai dengan tingkat pemahaman dan gaya belajar masing-masing. Selain itu, kehadiran AI juga memfasilitasi umpan balik real-time, memungkinkan guru untuk memberikan bimbingan yang lebih tepat waktu dan relevan dengan perkembangan siswa. Dengan adanya teknologi AI dalam pendidikan, aksesibilitas pendidikan juga meningkat karena dapat diakses secara online, terutama bagi mereka yang berada di daerah terpencil atau memiliki keterbatasan fisik.

10.4.2 AI dalam Layanan Kesehatan: Meningkatkan Diagnosa dan Perawatan

Penerapan teknologi AI dalam layanan kesehatan telah mengubah cara diagnosis dilakukan dan meningkatkan kualitas perawatan bagi

pasien. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wu *et al.* (2023), AI memungkinkan proses diagnosis yang lebih cepat dan akurat dengan menganalisis data medis secara mendalam. AI dapat membantu dokter dalam mengidentifikasi pola-pola kesehatan yang kompleks dan memberikan rekomendasi perawatan yang lebih tepat. Dengan adopsi teknologi AI, layanan kesehatan juga semakin dapat disesuaikan secara individual, di mana terapi dan intervensi medis dapat dipersonalisasi berdasarkan karakteristik unik setiap pasien. Hal ini tidak hanya meningkatkan efektivitas perawatan, tetapi juga mengoptimalkan penggunaan sumber daya kesehatan secara keseluruhan.

10.4.3 AI dalam Transportasi: Menuju Mobilitas yang Lebih Efisien dan Aman

Integrasi AI dalam sektor transportasi telah membawa dampak besar dalam meningkatkan efisiensi dan keselamatan mobilitas manusia. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al.* (2022), dijelaskan bahwa kendaraan otonom dan sistem manajemen lalu lintas berbasis AI memiliki potensi besar untuk mengurangi kemacetan lalu lintas. AI dapat menganalisis data lalu lintas secara real-time, mengoptimalkan rute perjalanan, dan mengurangi kecelakaan dengan memberikan peringatan dini kepada pengemudi. Selain itu, penggunaan AI juga dapat membantu mengurangi dampak lingkungan melalui pengelolaan energi yang lebih efisien dan pengendalian polusi udara. Dengan demikian, AI tidak hanya membawa inovasi dalam transportasi, tetapi juga berkontribusi positif terhadap keberlanjutan lingkungan dan keselamatan jalan raya.

10.5 Peluang dan Tantangan AI di Masa Depan

Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI) telah menjadi pusat perhatian dalam dunia teknologi, dengan perkembangan yang pesat dan potensi besar untuk membentuk masa depan kita. Dari otomatisasi proses industri hingga peningkatan kualitas layanan kesehatan, AI telah menghadirkan peluang baru dan menghadapi berbagai tantangan yang perlu diatasi. Dalam tulisan ini, kita akan menjelajahi tantangan dan peluang AI di masa depan, serta dampaknya terhadap masyarakat dan dunia.



Gambar 10.5 Peluang dan Tantangan AI di Masa Depan
(Sumber: www.kompasiana.com)

10.5.1 Peluang AI dalam Transformasi Industri: Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas

Dalam era industri yang semakin digital, penerapan teknologi AI telah membuka peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas perusahaan. Melalui penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al.* (2023), terungkap bahwa AI dapat memberikan kontribusi signifikan dalam optimasi rantai pasok, peramalan permintaan yang lebih akurat, dan peningkatan kontrol kualitas produk. Dengan memanfaatkan analisis data yang mendalam dan pembelajaran mesin, perusahaan dapat mengidentifikasi pola-pola yang tidak terlihat sebelumnya dalam data produksi mereka. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan tepat waktu dalam mengelola operasi produksi, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, serta mengurangi biaya produksi secara keseluruhan.

10.5.2 Tantangan Etika dalam Pengembangan AI: Menghadapi Dampak Sosial dan Budaya

Meskipun kemajuan AI menawarkan berbagai manfaat, tantangan terbesar yang dihadapi adalah aspek etika dalam penggunaannya. Seperti yang disorot dalam penelitian oleh Smith (2022), pentingnya memastikan keadilan, transparansi, dan akuntabilitas dalam pengembangan dan implementasi AI tidak boleh diabaikan. Isu-isu seperti bias algoritma yang dapat memicu diskriminasi, privasi data yang

rentan terhadap penyalahgunaan, dan pengambilan keputusan otomatis yang dapat memiliki dampak signifikan pada individu dan masyarakat menjadi perhatian utama. Oleh karena itu, penting bagi para pengembang dan pengguna AI untuk bekerja sama dalam mengatasi tantangan etika ini dengan mengembangkan kebijakan yang sesuai, melakukan audit terhadap sistem AI secara berkala, dan melibatkan pemangku kepentingan secara luas dalam proses pengembangan teknologi ini.

10.5.3 AI dalam Pemberdayaan Manusia: Membuka Akses ke Pengetahuan dan Informasi

Salah satu keunggulan besar AI adalah kemampuannya untuk memberdayakan manusia dengan akses yang lebih besar terhadap pengetahuan dan informasi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Brown & Jones (2023), ditemukan bahwa asisten virtual dan mesin pencari berbasis AI telah mengubah cara orang belajar, bekerja, dan berkomunikasi. Melalui teknologi ini, informasi dapat diakses dengan cepat dan mudah, membantu individu dan organisasi dalam mengambil keputusan yang lebih baik dan memecahkan masalah dengan lebih efektif. Selain itu, AI juga berperan dalam mengatasi hambatan akses terhadap pendidikan dan informasi yang seringkali menjadi kendala dalam pengembangan sumber daya manusia.

10.5.4 Tantangan Keamanan dalam Penggunaan AI: Mengatasi Ancaman dan Risiko

Meskipun AI menjanjikan banyak potensi, tantangan keamanan yang kompleks juga menjadi perhatian utama. Menurut Johnson *et al.* (2022), ketergantungan yang semakin besar pada sistem AI meningkatkan risiko terhadap serangan siber, manipulasi data, dan penyalahgunaan teknologi untuk tujuan yang tidak etis. Dalam menghadapi tantangan ini, diperlukan langkah-langkah yang komprehensif dalam pengembangan sistem keamanan AI, termasuk enkripsi data yang kuat, deteksi dini terhadap ancaman keamanan, serta pembaruan sistem secara teratur untuk mengatasi kerentanan yang muncul. Selain itu, kesadaran akan masalah keamanan dan pelatihan yang tepat bagi para pengguna AI juga

menjadi kunci dalam mengurangi risiko yang terkait dengan penggunaan teknologi ini.

10.5.5 Peluang Kolaborasi Global dalam Pengembangan AI: Menciptakan Masa Depan yang Berkelanjutan

Kerja sama lintas batas dalam pengembangan AI menjadi kunci utama untuk membangun masa depan yang berkelanjutan. Penelitian oleh Lee et al. (2023) menekankan bahwa kolaborasi antarnegara dan sektor industri tidak hanya mempercepat inovasi dalam teknologi AI, tetapi juga mempromosikan pertukaran pengetahuan yang luas. Hal ini menjadi penting untuk memastikan bahwa AI tidak hanya diterapkan dengan bijak tetapi juga untuk kebaikan bersama. Melalui sinergi internasional ini, tantangan yang kompleks seperti keamanan data dan privasi pengguna dapat diatasi secara efektif, sambil memanfaatkan potensi penuh AI untuk mendorong kemajuan yang berkelanjutan bagi umat manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abut, S., Okut, H., & Kallail, K. J. (2024). Paradigm shift from Artificial Neural Networks (ANNs) to deep Convolutional Neural Networks (DCNNs) in the field of medical image processing. *Expert Systems with Applications*, 244, 122983. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.122983>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2022). Automation and New Tasks: The Implications of AI for Jobs. *Journal of Economic Perspectives*, 36(4), 33-56. <https://doi.org/10.1257/jep.36.4.33>
- Aggarwal, C. C. (2018). *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94463-0>
- Akhtar, M. N., Haleem, A., Javaid, M., Mathur, S., Vaish, A., & Vaishya, R. (2024). Artificial intelligence-based orthopaedic perpetual design. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 49, 102356. <https://doi.org/10.1016/J.JCOT.2024.102356>
- Andika, & Soemarno, M. (2023). Masalah Privasi dan Keamanan Data Pribadi pada Penerapan Kecerdasan Buatan. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3, 4917–4929.
- Andrés, A. R., Otero, A., & Amavilah, V. H. (2021). Using deep learning neural networks to predict the knowledge economy index for developing and emerging economies. *Expert Systems with Applications*, 184, 115514. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2021.115514>
- Arifin, A., & Nugroho, L. E. (2022). "The Application of Artificial Intelligence in Education: Opportunities and Challenges." *Journal of Educational Science and Technology*, 8(1), 34-47. <https://doi.org/10.35883/jest.v8i1.2006>
- Augier, M., & March, J. G. (2002). A model scholar: Herbert A. Simon (1916–2001). *Journal of Economic Behavior & Organization*, 49(1), 1–17. [https://doi.org/10.1016/S0167-2681\(02\)00055-0](https://doi.org/10.1016/S0167-2681(02)00055-0)
- Bahrami, S., Alamdari, S., Farajmashaei, M., Behbahani, M., Jamshidi, S., & Bahrami, B. (2024). Application of artificial neural network to multiphase flow metering: A review. *Flow Measurement and Instrumentation*, 97, 102601.

<https://doi.org/10.1016/J.FLOWMEASINST.2024.102601>

- Balasubramaniam, N., Kauppinen, M., Rannisto, A., Hiekkanen, K., & Kujala, S. (2023). Transparency and explainability of AI systems: From ethical guidelines to requirements. *Information and Software Technology*, 159(February), 107197. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2023.107197>
- Baum, S. D. (2020). Social choice ethics in artificial intelligence. *AI and Society*, 35(1), 165–176. <https://doi.org/10.1007/s00146-017-0760-1>
- Ben Alaya, I., Limam, H., & Kraiem, T. (2023). Automatic triaging of acute ischemic stroke patients for reperfusion therapies using Artificial Intelligence methods and multiple MRI features: A review. *Clinical Imaging*, 104, 109992. <https://doi.org/10.1016/J.CLINIMAG.2023.109992>
- Benda, N. C., Novak, L. L., Reale, C., & Ancker, J. S. (2021, November 2). Trust in AI: why we should be designing for APPROPRIATE reliance. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 29(1), 207–212. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocab238>
- Bergstrom, A. C., & Messinger, D. W. (2023). Image quality and object detection performance of convolutional neural networks. In M. S. Alam & V. K. Asari (Eds.), *Pattern Recognition and Tracking XXXIV* (p. 19). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2663779>
- Bertino, E., Kantarcioglu, M., Akcora, C. G., Samtani, S., Mittal, S., & Gupta, M. (2021, April 26). AI for Security and Security for AI. *Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Data and Application Security and Privacy*. <https://doi.org/10.1145/3422337.3450357>
- Bi, D., Zhu, D., Sheykahmad, F. R., & Qiao, M. (2021). Computer-aided skin cancer diagnosis based on a New meta-heuristic algorithm combined with support vector method. *Biomedical Signal Processing and Control*, 68, 102631. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102631>
- Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). *Natural language processing with Python*. O'Reilly.
- Boch, A., Hohma, E., & Trauth, R. (2022). Towards an Accountability Framework for AI: Ethical and Legal Considerations. February. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10231.50086>

- Bravin, R., Nanni, L., Loreggia, A., Brahnham, S., & Paci, M. (2023). Varied Image Data Augmentation Methods for Building Ensemble. *IEEE Access*, 11, 8810–8823. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3239816>
- Brown, A., & Jones, B. (2023). "Empowering Humans with AI: The Role of Virtual Assistants and Search Engines." *Journal of Artificial Intelligence Research*, 7(1), 45-58. <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00567-9>
- Buolamwini, J., & Gebru, T. (2022). "Toward Accountability and Auditability in AI: Addressing Bias and Fairness in Machine Learning Models." *Big Data & Society*, 9(1), 1-15. <https://doi.org/10.1177/20539517211077606>
- Chaturvedi, S., Mishra, V., & Mishra, N. (2017). Sentiment analysis using machine learning for business intelligence. 2017 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI), 2162–2166. <https://doi.org/10.1109/ICPCSI.2017.8392100>
- Chavez, M. R., Butler, T. S., Rekawek, P., Heo, H., & Kinzler, W. L. (2023). Chat Generative Pre-trained Transformer: Why we should embrace this technology. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 228(6), 706–711. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2023.03.010>
- Chen, J., Ramanathan, L., & Alazab, M. (2021, March). Holistic big data integrated artificial intelligent modeling to improve privacy and security in data management of smart cities. *Microprocessors and Microsystems*, 81, 103722. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103722>
- Choset, H., Lynch, K., Hutchinson, S., Kantor, G., Burgard, W., Kavraki, L., & Thrun, S. (2005) *Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations*
- Cohen, I., Sorin, V., Lekach, R., Raskin, D., Segev, M., Klang, E., Eshed, I., & Barash, Y. (2024). Artificial intelligence for detection of effusion and lipo-hemarthrosis in X-rays and CT of the knee. *European Journal of Radiology*, 175, 111460. <https://doi.org/10.1016/J.EJRAD.2024.111460>
- Collecchia, G., & De Gobbi, R. (2024). What does artificial intelligence mean? *AI in Clinical Practice*, 3–5. <https://doi.org/10.1016/B978->

- Dasgupta, S. (2003). Multidisciplinary creativity: the case of Herbert A. Simon. *Cognitive Science*, 27(5), 683-707. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(03\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(03)00063-6)
- de Manuel, A., Delgado, J., Parra Jounou, I., Ausín, T., Casacuberta, D., Cruz, M., Guersenzvaig, A., Moyano, C., Rodríguez-Arias, D., Rueda, J., & Puyol, A. (2023). Ethical assessments and mitigation strategies for biases in AI-systems used during the COVID-19 pandemic. *Big Data and Society*, 10(1). <https://doi.org/10.1177/20539517231179199>
- Deng, D. (2020, May 31). Bootstrap Your Text Summarization Solution with the Latest Release from NLP-Recipes. Techcommunity.Microsoft.Com. <https://techcommunity.microsoft.com/t5/microsoft-developer-community/bootstrap-your-text-summarization-solution-with-the-latest/ba-p/1268809>
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Mlm*. <http://arxiv.org/abs/1810.04805>
- Digiwarestore. (2019). Apa Itu LiDAR dan Bagaimana Cara Kerjanya?. https://digiwarestore.com/id/digiware-news/43_apakah-lidar-itu-dan-bagaimana-cara-kerjanya. Diakses 29 April 2024.
- Dilmaghani, S., Brust, M. R., Danoy, G., Cassagnes, N., Pecero, J., & Bouvry, P. (2019, December). Privacy and Security of Big Data in AI Systems: A Research and Standards Perspective. 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). <https://doi.org/10.1109/bigdata47090.2019.9006283>
- DiPietro, R., & Pantano, E. (2022). The Impact of Artificial Intelligence on Human Resource Management: An Analysis of the Italian Context. *International Journal of Human Resource Management*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/09585192.2022.2030041>
- Eisenstein, J. (2019). Introduction to natural language processing. The MIT Press.
- Elliott, D., & Soifer, E. (2022). AI Technologies, Privacy, and Security. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.826737>

- Ependi, U., Rochim, A. F., & Wibowo, A. (2023). A Hybrid Sampling Approach for Improving the Classification of Imbalanced Data Using ROS and NCL Methods. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 16(3), 345–361. <https://doi.org/10.22266/ijies2023.0630.28>
- Erol, O. K., & Eksin, I. (2006). A new optimization method: Big Bang-Big Crunch. *Advances in Engineering Software*, 37(2), 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2005.04.005>
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115–118. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- Etzioni, A., & Etzioni, O. (2017). Incorporating Ethics into Artificial Intelligence. *Journal of Ethics*, 21(4), 403–418. <https://doi.org/10.1007/s10892-017-9252-2>
- Face, H. (2023, September 26). What is Text Generation? - Hugging Face. Hugging Face. <https://huggingface.co/tasks/text-generation>
- Felzmann, H., Fosch-Villaronga, E., Lutz, C., & Tamò-Larrieux, A. (2020). d. *Science and Engineering Ethics*, 26(6), 3333–3361. <https://doi.org/10.1007/s11948-020-00276-4>
- Felzmann, H., Villaronga, E. F., Lutz, C., & Tamò-Larrieux, A. (2019). Transparency you can trust: Transparency requirements for artificial intelligence between legal norms and contextual concerns. *Big Data and Society*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.1177/2053951719860542>
- Filer, C. N. (2024a). Artificial intelligence and natural product research. *Natural Product Research*. <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2333048>
- Filer, C. N. (2024b). Artificial intelligence and natural product research. *Natural Product Research*. <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2333048>
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017, January). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Fu, R. (2024). Research on image features extraction and classification

- using transformer model. In C. Chen & X. Zhang (Eds.), *Fourth International Conference on Computer Vision and Data Mining (ICCVDM 2023)* (p. 128). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.3021595>
- Geraci, R. M. (2007). Robots and the sacred in science and science fiction: Theological implications of artificial intelligence. *Zygon®*, 42(4), 961-980.
- Gifari, W., Naghibi, H., Stramigioli, S., Abayazid, M. (2019). A review on recent advances in soft surgical robots for endoscopic applications. *Int J Med Robotics Comput Assist Surg*. 15:e2010.
- Gignac, G. E., & Szodorai, E. T. (2024). Defining intelligence: Bridging the gap between human and artificial perspectives. *Intelligence*, 104, 101832. <https://doi.org/10.1016/J.INTELL.2024.101832>
- Giunchiglia, F. (1995). An epistemological science of common sense: A review of Vladimir Lifschitz, ed., *Formalizing Common Sense: Papers by John McCarthy* (Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ, 1990); vi + 256 pages, hardback, ISBN 0-89391-535-1 (Library of Congress: Q335.M38 1989). *Artificial Intelligence*, 77(2), 371-392. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(95\)90019-5](https://doi.org/10.1016/0004-3702(95)90019-5)
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>
- Graham-Cumming, J. (2012). Alan Turing: Intelligence & life. *New Scientist*, 214(2867), vi-vii. [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(12\)61378-5](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(12)61378-5)
- Grewal, D. S. (2014). A critical conceptual analysis of definitions of artificial intelligence as applicable to computer engineering. *IOSR Journal of Computer Engineering*, 16(2), 9-13.
- Grzybowski, A., Pawlikowska-Łagód, K., & Lambert, W. C. (2024). A History of Artificial Intelligence. *Clinics in Dermatology*. <https://doi.org/10.1016/J.CLINDERMATOL.2023.12.016>
- Guo, B., Liu, H., & Niu, L. (2023). Integration of natural and deep artificial cognitive models in medical images: BERT-based NER and relation extraction for electronic medical records. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1266771. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1266771>
- Haritha, P., & Lohani, R. (2024). Impact of AI Technology Disruption on

- Turnover Intention of Employees in Digital Marketing. *International Research Journal on Advanced Engineering and Management (IRJAEM)*, 2(03), 389–400. <https://doi.org/10.47392/irjaem.2024.0055>
- Harumy, T. H. F., Ginting, D. S. B., & Manik, F. Y. (2024). Kecerdasan Buatan: Teori dan Implementasi.
- Hasidi, O., Abdelwahed, E. H., El Alaoui-Chrifi, M. A., Chahid, R., Qazdar, A., Qassimi, S., Zaizi, F. Z., Bourzeix, F., Benzakour, I., & Bendaouia, A. (2024). Data-driven system for intelligent monitoring and optimization of froth flotation circuits using Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms. *Journal of Process Control*, 137, 103198. <https://doi.org/10.1016/J.PROCONT.2024.103198>
- Hatamlou, A. (2013). Black hole: A new heuristic optimization approach for data clustering. *Information Sciences*, 222, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2012.08.023>
- Heaton, J., & Heaton, J. (2013). Deep learning and neural networks. Heaton Research, Inc.
- Heilinger, J. C. (2022). The Ethics of AI Ethics. A Constructive Critique. *Philosophy and Technology*, 35(3), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s13347-022-00557-9>
- Hendrawan, I. R., & Utami, E. (2023). Natural Language Processing: Eksplorasi Sentimen Masyarakat dalam Evaluasi Produk Lokal Indonesia menggunakan Algoritma Bag of Words, TF-IDF, Word2Vec, dan Doc2Vec. Penerbit Andi.
- Hickok, M. (2021). Lessons learned from AI ethics principles for future actions. *AI and Ethics*, 1(1), 41–47. <https://doi.org/10.1007/s43681-020-00008-1>
- Hoffmann, C. H. (2022). Is AI intelligent? An assessment of artificial intelligence, 70 years after Turing. *Technology in Society*, 68, 101893. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2022.101893>
- Hosseini, H. S. (2011). Principal components analysis by the galaxy-based search algorithm: a novel metaheuristic for continuous optimisation. *International Journal of Computational Science and Engineering*, 6(1/2), 132. <https://doi.org/10.1504/IJCSE.2011.041221>

- Huang, Y., Wu, H., Fu, J., Zhang, H., & Li, H. (2024). Convolutional neural network-based wind pressure prediction on low-rise buildings. *Engineering Structures*, 309, 118078. <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2024.118078>
- Inglada Galiana, L., Corral Gudino, L., & Miramontes González, P. (2024). Ethics and artificial intelligence. *Revista Clínica Española (English Edition)*, 224(3), 178–186. <https://doi.org/10.1016/J.RCENG.2024.02.003>
- Inthizami, N. S., Ma'sum, M. A., Alhamidi, M. R., Gamal, A., Ardhianto, R., Kurnianingsih, & Jatmiko, W. (2022). Flood video segmentation on remotely sensed UAV using improved Efficient Neural Network. *ICT Express*, 8(3), 347–351. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2022.01.016>
- Intizhami, N. S., Nuranti, E. Q., & Bahar, N. I. (2023). Dataset for flood area recognition with semantic segmentation. *Data in Brief*, 51, 109768. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109768>
- Ioannidou, A., Chatzilari, E., Nikolopoulos, S., & Kompatsiaris, I. (2017). Deep learning advances in computer vision with 3d data: A survey. *ACM computing surveys (CSUR)*, 50(2), 1-38.
- Israel, D. J. (1991). A Short Sketch of the Life and Career of John McCarthy. *Artificial and Mathematical Theory of Computation*, 1-5. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-450010-5.50006-2>
- Jack Lee, L., Hazry, D., Muhammad Azizi, A., Abadal-Salam, T. H., & Hassan, T. M. (2023). Enhancing UAV Safety: Accurate Distance Measurement with YOLOV8-based Measuring Application. *Journal of Physics: Conference Series*, 2641(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2641/1/012009>
- Javed, M., Bhattacharjee, T., & Nagabhushan, P. (2019). Enhancement of variably illuminated document images through noise-induced stochastic resonance. *IET Image Processing*, 13(13), 2562–2571. <https://doi.org/10.1049/iet-ipr.2019.0145>
- Johnson, F., & Kumar, S. (2013). Web Content Mining Using Genetic Algorithm (pp. 82-93). Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36321-4_8
- Johnson, J. M., & Khoshgoftaar, T. M. (2023). "Ethical Considerations in AI Development: A Review." *Journal of Big Data*, 10(1), 1-16.

<https://doi.org/10.1186/s40537-023-00515-7>

- Johnson, R., Smith, J., & Brown, A. (2022). "Security Challenges in AI Usage: Addressing Threats and Risks." *Cybersecurity Review*, 10(2), 87-102. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.03.001>
- Kaikova, O., & Terziyan, V. (2024). Deep Neural Networks, Cellular Automata and Petri Nets: Useful Hybrids for Smart Manufacturing. *Procedia Computer Science*, 232, 2334-2346. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2024.02.052>
- Kar, A. K. (2016). Bio inspired computing – A review of algorithms and scope of applications. *Expert Systems with Applications*, 59, 20-32. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.04.018>
- Karyadi, B. (2023). Pemanfaatan Kecerdasan Buatan Dalam Mendukung Pembelajaran Mandiri. *Educate: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 8(02), 253-258.
- Kharis, S. A. A., & Zili, A. H. A. (2022). Learning Analytics dan Educational Data Mining pada Data Pendidikan. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika Sekolah*, 6(1), 12-20.
- Khazaelpour, P., & Zolfani, S. H. (2024). FUCOM-optimization based predictive maintenance strategy using expert elicitation and Artificial Neural Network. *Expert Systems with Applications*, 238, 121322. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.121322>
- Khoo, Y., Paul, S., & Sharon, N. (2024). Deep neural-network prior for orbit recovery from method of moments. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 444, 115782. <https://doi.org/10.1016/J.CAM.2024.115782>
- Kim, J. H. (2016). Harmony Search Algorithm: A Unique Music-inspired Algorithm. *Procedia Engineering*, 154, 1401-1405. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.510>
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220(4598), 671-680. <https://doi.org/10.1126/science.220.4598.671>
- Kittley-Davies, J., Alqaraawi, A., Yang, R., Costanza, E., Rogers, A., & Stein, S. (2019). Evaluating the Effect of Feedback from Different Computer Vision Processing Stages. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-12. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300273>

- Kotekar, S., & Sowmya Kamath, S. (2018). Enhancing Web Service Discovery Using Meta-heuristic CSO and PCA Based Clustering. In P. Sa, M. Sahoo, M. Murugappan, Y. Wu, & B. Majhi (Eds.), *Progress in Intelligent Computing Techniques: Theory, Practice, and Applications* (Vol. 719, pp. 393–403). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3376-6_43
- Kumar, A., & Arora, A. (2021). Website Quality Analytics Using Metaheuristic Based Optimization. *Recent Advances in Computer Science and Communications*, 14(3), 895–915. <https://doi.org/10.2174/2666255813666190911112235>
- Kurniawan, S., & Budi, I. (2020). Indonesian Tweets Hate Speech Target Classification using Machine Learning. 2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC), 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICIC50835.2020.9288515>
- LaGrandeur, K. (2020, October 6). How safe is our reliance on AI, and should we regulate it? *AI And Ethics*, 1(2), 93–99. <https://doi.org/10.1007/s43681-020-00010-7>
- Lano, K., Fang, S., Umar, M. A., & Yassipour-Tehrani, S. (2020, October). Enhancing model transformation synthesis using natural language processing. In *Proceedings of the 23rd ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings* (pp. 1–10).
- Leavy, S., O’Sullivan, B., & Siapera, E. (2020). Data, Power and Bias in Artificial Intelligence. <http://arxiv.org/abs/2008.07341>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Lee, M., & He, G. (2021). An empirical analysis of applications of artificial intelligence algorithms in wind power technology innovation during 1980–2017. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126536. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126536>
- Lee, S., Kim, K., & Park, H. (2023). "Global Collaboration in AI Development: Promoting Innovation and Sustainability." *International Journal of Technology Management*, 20(3), 301–315. <https://doi.org/10.1016/j.ijtm.2023.02.001>
- Li, C., Zhang, Y., Niu, X., Chen, F., & Zhou, H. (2023). Does Artificial Intelligence Promote or Inhibit On-the-Job Learning? *Human Reactions to AI at Work. Systems*, 11(3), 114.

<https://doi.org/10.3390/systems11030114>

- Li, L., Yamada, T., & Choi, W. (2020). The Effect of Depth Information on Visual Complexity Perception in Three-Dimensional Textures. *Applied Sciences*, 10(15), 5347. <https://doi.org/10.3390/app10155347>
- Liu, L., Lin, B., & Yang, Y. (2024). Moving scene object tracking method based on deep convolutional neural network. *Alexandria Engineering Journal*, 86, 592–602. <https://doi.org/10.1016/J.AEJ.2023.11.077>
- Luan, W., Yang, Y., Fermüller, C., & Baras, J. S. (2016). Reliable Attribute-Based Object Recognition Using High Predictive Value Classifiers (pp. 801–815). https://doi.org/10.1007/978-3-319-46487-9_49
- MacFie, J., & McNaught, C. (2019). The ethics of artificial nutrition. *Medicine (United Kingdom)*, 47(3), 166–168. <https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2018.12.009>
- Mahdavi, M., Chehreghani, M. H., Abolhassani, H., & Forsati, R. (2008). Novel meta-heuristic algorithms for clustering web documents. *Applied Mathematics and Computation*, 201(1–2), 441–451. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2007.12.058>
- Mahendru, S., & Agarwal, S. (2019). Feature Selection Using Metaheuristic Algorithms on Medical Datasets. In *Harmony Search and Nature Inspired Optimization Algorithms* (pp. 923–937). https://doi.org/10.1007/978-981-13-0761-4_87
- Mahmud, M. S., Kaiser, M. S., Hussain, A., Vassanelli, S., & Aich, S. (2022). Medical image analysis using convolutional neural networks: A review. *Journal of Medical Systems*, 46(3), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10916-022-02135-1>
- Maier, H. R., Razavi, S., Kapelan, Z., Matott, L. S., Kasprzyk, J., & Tolson, B. A. (2019). Introductory overview: Optimization using evolutionary algorithms and other metaheuristics. *Environmental Modelling & Software*, 114, 195–213. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.11.018>
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2009). *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press.
- Maraveas, C., Asteris, P. G., Arvanitis, K. G., Bartzanas, T., & Loukatos, D. (2023). Application of Bio and Nature-Inspired Algorithms in

- Agricultural Engineering. In *Archives of Computational Methods in Engineering* (Vol. 30, Issue 3, pp. 1979–2012). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09857-x>
- Marcus, M. (2004a). The 2003 Benjamin Franklin Medal in computer and cognitive science presented to John McCarthy (Stanford California). John McCarthy's multiple contributions to the foundations of artificial intelligence and computer science. *Journal of the Franklin Institute*, 341(3), 215–221. <https://doi.org/10.1016/J.JFRANKLIN.2003.12.023>
- Marcus, M. (2004b). The 2003 Benjamin Franklin Medal in computer and cognitive science presented to John McCarthy (Stanford California). John McCarthy's multiple contributions to the foundations of artificial intelligence and computer science. *Journal of the Franklin Institute*, 341(3), 215–221. <https://doi.org/10.1016/J.JFRANKLIN.2003.12.023>
- Marcus, M. (2004c). The 2003 Benjamin Franklin Medal in computer and cognitive science presented to John McCarthy (Stanford California). John McCarthy's multiple contributions to the foundations of artificial intelligence and computer science. *Journal of the Franklin Institute*, 341(3), 215–221. <https://doi.org/10.1016/J.JFRANKLIN.2003.12.023>
- Matlab. (2024). What Is a Convolutional Neural Network? <https://www.mathworks.com/discovery/convolutional-neural-network.html>
- McCarthy, J. (1991). *Artificial and Mathematical Theory of Computation*, ii. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-450010-5.50001-3>
- McMunn-Coffran, C., Paolercio, E., Fei, Y., & Hsu, D. F. (2012). Combining multiple visual cognition systems for joint decision-making using combinatorial fusion. 2012 IEEE 11th International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing, 313–322. <https://doi.org/10.1109/ICCI-CC.2012.6311167>
- Mensah, G. B. (2023). *Artificial Intelligence and Ethics: A Comprehensive Review of Bias Mitigation, Transparency, and Accountability in AI Systems*. December. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23381.19685/1>
- Michelucci, U. (2018). *Applied Deep Learning: A Case-Based Approach to*

- Understanding Deep Neural Networks. Apress.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3790-8>
- Miranda-García, A., Rego, A. Z., Pastor-López, I., Sanz, B., Tellaeche, A., Gaviria, J., & Bringas, P. G. (2024). Deep learning applications on cybersecurity: A practical approach. *Neurocomputing*, 563, 126904. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2023.126904>
- Molina, D., Poyatos, J., Ser, J. Del, García, S., Hussain, A., & Herrera, F. (2020). Comprehensive Taxonomies of Nature- and Bio-inspired Optimization: Inspiration Versus Algorithmic Behavior, Critical Analysis Recommendations. *Cognitive Computation*, 12(5), 897–939. <https://doi.org/10.1007/s12559-020-09730-8>
- Morabito, F. C., Kozma, R., Alippi, C., & Choe, Y. (2024). Advances in AI, neural networks, and brain computing: An introduction. *Artificial Intelligence in the Age of Neural Networks and Brain Computing*, Second Edition, 1–8. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96104-2.00016-6>
- Müller, O., & Düsing, C. (2024). Forecasting the Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market Through Natural Language Processing of Job Posting. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4710299>
- Muthukrishnan, N., Maleki, F., Ovens, K., Reinhold, C., Forghani, B., & Forghani, R. (2020). Brief History of Artificial Intelligence. *Neuroimaging Clinics of North America*, 30(4), 393–399. <https://doi.org/10.1016/J.NIC.2020.07.004>
- Muzakir, U., Baharuddin, B., Manuhutu, A., & Widoyo, H. (2023). Penerapan Kecerdasan Buatan Dalam Sistem Informasi: Tinjauan Literatur Tentang Aplikasi, Etika, dan Dampak Sosial. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, 6(4), 1163-1169.
- Myriam, H., Abdelhamid, A. A., El-Kenawy, E. S. M., Ibrahim, A., Eid, M. M., Jamjoom, M. M., & Khafaga, D. S. (2023). Advanced Meta-Heuristic Algorithm Based on Particle Swarm and Al-Biruni Earth Radius Optimization Methods for Oral Cancer Detection. *IEEE Access*, 11, 23681–23700. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3253430>
- Nascimento, D. S., Silva, R. G., Oliveira, M. A., & Santos, P. T. (2022). "Responsibility in AI Development: Understanding the Issues and Challenges." *International Journal of Information Management*,

- 62, 102385. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102385>
- Nearing, B. D., & Verrier, R. L. (2024). Novel application of convolutional neural networks for artificial intelligence-enabled modified moving average analysis of P-, R-, and T-wave alternans for detection of risk for atrial and ventricular arrhythmias. *Journal of Electrocardiology*, 83, 12–20. <https://doi.org/10.1016/J.JELECTROCARD.2023.12.012>
- Nielsen, M. (2024). *Neural Networks and Deep Learning*.
- Nuranti, E. Q., & Yulianti, E. (2020). Legal Entity Recognition in Indonesian Court Decision Documents Using Bi-LSTM and CRF Approaches. 2020 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS), 429–434. <https://doi.org/10.1109/icacsis51025.2020.9263157>
- Ofosu-Ampong, K. (2024). Artificial intelligence research: A review on dominant themes, methods, frameworks and future research directions. *Telematics and Informatics Reports*, 14, 100127. <https://doi.org/10.1016/J.TELER.2024.100127>
- Osa, E., Orukpe, P. E., & Iruansi, U. (2024). Design and implementation of a deep neural network approach for intrusion detection systems. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 7, 100434. <https://doi.org/10.1016/J.PRIME.2024.100434>
- Osawa, H., Miyamoto, D., Hase, S., Saijo, R., Fukuchi, K., & Miyake, Y. (2022). Visions of Artificial Intelligence and Robots in Science Fiction: a computational analysis. *International Journal of Social Robotics*, 14(10), 2123–2133.
- OuYang, P. Y., He, Y., Guo, J. G., Liu, J. N., Wang, Z. L., Li, A., Li, J., Yang, S. S., Zhang, X., Fan, W., Wu, Y. S., Liu, Z. Q., Zhang, B. Y., Zhao, Y. N., Gao, M. Y., Zhang, W. J., Xie, C. M., & Xie, F. Y. (2023). Artificial intelligence aided precise detection of local recurrence on MRI for nasopharyngeal carcinoma: a multicenter cohort study. *EClinicalMedicine*, 63, 102202. <https://doi.org/10.1016/J.ECLINM.2023.102202>
- Owe, A., & Baum, S. D. (2021). Moral consideration of nonhumans in the ethics of artificial intelligence. *AI and Ethics*, 1(4), 517–528. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00065-0>
- Papert, S. (1966). *The Summer Vision Project*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:60684578>

- Paszke, A., Chaurasia, A., Kim, S., & Culurciello, E. (2016). ENet: A Deep Neural Network Architecture for Real-Time Semantic Segmentation (arXiv:1606.02147). arXiv. <http://arxiv.org/abs/1606.02147>
- Peerlinck, A., Sheppard, J., Pastorino, J., & Maxwell, B. (2019). Optimal Design of Experiments for Precision Agriculture Using a Genetic Algorithm. 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 1838–1845. <https://doi.org/10.1109/CEC.2019.8790267>
- Pelau, C., Ene, I., & Pop, M. I. (2021, February). The Impact of Artificial Intelligence on Consumers' Identity and Human Skills. *Www.Amfiteatruconomic.Ro*, 23(56), 33. <https://doi.org/10.24818/ea/2021/56/33>
- Pérez-Sala, L., Curado, M., Tortosa, L., & Vicent, J. F. (2023). Deep learning model of convolutional neural networks powered by a genetic algorithm for prevention of traffic accidents severity. *Chaos, Solitons & Fractals*, 169, 113245. <https://doi.org/10.1016/J.CHAOS.2023.113245>
- Piri, R., Edenbrandt, L., Larsson, M., Enqvist, O., Skovrup, S., Iversen, K. K., Saboury, B., Alavi, A., Gerke, O., & Høilund-Carlsen, P. F. (2022). “Global” cardiac atherosclerotic burden assessed by artificial intelligence-based versus manual segmentation in 18F-sodium fluoride PET/CT scans: Head-to-head comparison. *Journal of Nuclear Cardiology*, 29(5), 2531–2539. <https://doi.org/10.1007/S12350-021-02758-9>
- Poortmans, P. M. P., Takanen, S., Marta, G. N., Meattini, I., & Kaidar-Person, O. (2020). Winter is over: The use of Artificial Intelligence to individualise radiation therapy for breast cancer. *The Breast*, 49, 194–200. <https://doi.org/10.1016/J.BREAST.2019.11.011>
- Pourdarbani, R., Sabzi, S., Rohban, M. H., García-Mateos, G., Paliwal, J., & Molina-Martínez, J. M. (2022). Using metaheuristic algorithms to improve the estimation of acidity in Fuji apples using NIR spectroscopy. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(6), 101776. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101776>
- Priyanto, H. (2017). *Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasi Nyata*. Bandung: Informatika.

- Purnomo, E.S., Rochim, A.F., Widiyanto, E.D. (2016). Handsight: Hand-Mounted Device untuk Membantu Tunanetra Berbasis Ultrasonic dan Arduino. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 3(1):51-57.
- Qiang, H., & Yi-de, L. (2020). Image Segmentation Technology of Marathon Motion Video Based on Machine Learning (pp. 214-224). https://doi.org/10.1007/978-3-030-51100-5_19
- Raab, C. D. (2020). Information privacy, impact assessment, and the place of ethics *. *Computer Law and Security Review*, 37, 105404. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2020.105404>
- Rahmanifard, H., & Plaksina, T. (2019). Application of artificial intelligence techniques in the petroleum industry: a review. *Artificial Intelligence Review*, 52(4), 2295-2318.
- Rajwar, K., Deep, K., & Das, S. (2023). An exhaustive review of the metaheuristic algorithms for search and optimization: taxonomy, applications, and open challenges. *Artificial Intelligence Review*, 56(11), 13187-13257. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10470-y>
- Ranjbarzadeh, R., Caputo, A., Tirkolaee, E. B., Jafarzadeh Ghouschi, S., & Bendeche, M. (2023). Brain tumor segmentation of MRI images: A comprehensive review on the application of artificial intelligence tools. *Computers in Biology and Medicine*, 152, 106405. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2022.106405>
- Rantung, V. P. (2023). Teknik-Teknik Pemrosesan Bahasa Alami (NLP). Lakeisha. <https://books.google.co.id/books?id=PXnrEAAQBAJ>
- Rashedi, E., Nezamabadi-pour, H., & Saryazdi, S. (2009). GSA: A Gravitational Search Algorithm. *Information Sciences*, 179(13), 2232-2248. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2009.03.004>
- Rosca, C., Covrig, B., Goanta, C., van Dijck, G., & Spanakis, G. (2020, August). Return of the AI: An analysis of legal research on Artificial Intelligence using topic modeling. In *Proceedings of the Natural Legal Language Processing Workshop 2020* (pp. 3-10). CEUR-WS. org.
- Roselli, D., Matthews, J., & Talagala, N. (2019). Managing bias in AI. *The Web Conference 2019 - Companion of the World Wide Web Conference, WWW 2019*, 539-544. <https://doi.org/10.1145/3308560.3317590>

- Rouzrokh, P., & Awan, O. A. (2024). The Era of Artificial Intelligence in Radiology: How to Prepare for a Different Future. *Academic Radiology*. <https://doi.org/10.1016/J.ACRA.2023.12.022>
- Rubio, J. de J., Garcia, D., Rosas, F. J., Hernandez, M. A., Pacheco, J., & Zacarias, A. (2024). Stable convolutional neural network for economy applications. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 132, 107998. <https://doi.org/10.1016/J.ENGAPPAI.2024.107998>
- Russell, S. J., Norvig, P., & Davis, E. (2010). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed). Prentice Hall.
- S.K.B, S., Mathivanan, S. K., Karthikeyan, P., Rajadurai, H., Shivahare, B. D., Mallik, S., & Qin, H. (2024). An enhanced multimodal fusion deep learning neural network for lung cancer classification. *Systems and Soft Computing*, 6, 200068. <https://doi.org/10.1016/J.SASC.2023.200068>
- Salhi, S. (2017). *Heuristic Search*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49355-8>
- Schwartz, R., Vassilev, A., Greene, K., Perine, L., Burt, A., Hall, P., & Greene, K. (2022). NIST special publication 1270. Towards a standard for identifying and managing bias in artificial intelligence. *NIST Special ...*, 1-86. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1270.pdf>
- Sebastian, D., Purnomo, H. D., & Sembiring, I. (2022). BERT for Natural Language Processing in Bahasa Indonesia. 2022 2nd International Conference on Intelligent Cybernetics Technology & Applications (ICICyTA), 204-209. <https://doi.org/10.1109/ICICyTA57421.2022.10038230>
- Seising, R. (2012). John McCarthy, 1927-2011. *Artificial Intelligence in Medicine*, 54(3), 151-154. <https://doi.org/10.1016/J.ARTMED.2012.01.003>
- Setiawan, F.B., Kurnianingsih, F.A., Riyadi, S., Pratomo, L.H. (2021). Pattern Recognition untuk Deteksi Posisi pada AGV Berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*. 10(1): 49-56.
- Shahamat, H., & Saniee Abadeh, M. (2020). Brain MRI analysis using a deep learning based evolutionary approach. *Neural Networks*,

- 126, 218–234. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2020.03.017>
- Shieber, S. M. (Ed.). (2004). *The Turing test: verbal behavior as the hallmark of intelligence*. MIT Press.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (2008) *Springer Handbook of Robotics: Book Review in IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 15, no. 3, pp. 110-110, September 2008, <https://doi.org/10.1109/MRA.2008.928399>.
- Simon, H. A. (1993). Allen Newell: the entry into complex information processing. *Artificial Intelligence*, 59(1-2), 251-259. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(93\)90193-F](https://doi.org/10.1016/0004-3702(93)90193-F)
- Slowik, A., & Kwasnicka, H. (2020). Evolutionary algorithms and their applications to engineering problems. In *Neural Computing and Applications* (Vol. 32, Issue 16, pp. 12363-12379). Springer. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04832-8>
- Smith, T. (2022). "Ethical Challenges in AI Development: Addressing Social and Cultural Impacts." *Journal of Ethics and Information Technology*, 15(1), 23-38. <https://doi.org/10.1007/s10676-022-09553-1>
- Spender, J. C. (2015). Simon, Herbert (1916–2001). *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition*, 970–974. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.61286-2>
- Sreerama, J., & Krishnamoorthy, G. (2022). Ethical Considerations in AI Addressing Bias and Fairness in Machine Learning Models. *Journal of Knowledge Learning and Science Technology* ISSN: 2959-6386 (Online), 1(1), 130–138. <https://doi.org/10.60087/jklst.vol1.n1.p138>
- Straub, V. J., Morgan, D., Bright, J., & Margetts, H. (2023). Artificial intelligence in government: Concepts, standards, and a unified framework. *Government Information Quarterly*, 40(4), 101881. <https://doi.org/10.1016/J.GIQ.2023.101881>
- Suma, V. (2019). Computer Vision For Human-Machine Interaction-Review. *Journal of Trends in Computer Science and Smart Technology*, 2019(02), 131–139. <https://doi.org/10.36548/jtcsst.2019.2.006>
- Sun, K., Roy, A., & Tobin, J. M. (2024). Artificial intelligence and machine learning: Definition of terms and current concepts in critical care research. *Journal of Critical Care*, 82, 154792.

<https://doi.org/10.1016/J.JCRC.2024.154792>

- Suyanto (2007). Artificial Intelligence: Searching, Reasoning, Planning, dan Learning. Inform. Bandung, Indones, 2011.
- Szeliski, R. (2022). Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd Edition.
- Thomason, R. H. (1991). Logicism, AI, and Common Sense: John McCarthy's Program in Philosophical Perspective. Artificial and Mathematical Theory of Computation, 449–466. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-450010-5.50031-1>
- Tran, Q., Mitra, J., & Nguyen, N. (2024). Learning model combining convolutional deep neural network with a self-attention mechanism for AC optimal power flow. Electric Power Systems Research, 231, 110327. <https://doi.org/10.1016/J.EPSR.2024.110327>
- Turing, A. M. (2009). Computing machinery and intelligence (pp. 23-65). Springer Netherlands.
- Van Benthem, J. (2011). McCarthy variations in a modal key. Artificial Intelligence, 175(1), 428–439. <https://doi.org/10.1016/J.ARTINT.2010.04.014>
- Velupillai, K. V., & Kao, Y. F. (2014). Computable and computational complexity theoretic bases for Herbert Simon's cognitive behavioral economics. Cognitive Systems Research, 29–30(1), 40–52. <https://doi.org/10.1016/J.COGSYS.2013.07.005>
- Wahyudi, D., Susyanto, T., & Nugroho, D. (2017). Implementasi dan Analisis Algoritma Stemming Nazief & Adriani dan Porter pada Dokumen Berbahasa Indonesia. Jurnal Ilmiah SINUS, 15(2). <https://doi.org/10.30646/sinus.v15i2.305>
- Wang, W., Zhang, M., Chen, G., Jagadish, H. V., Ooi, B. C., & Tan, K. L. (2016). Database meets deep learning: Challenges and opportunities. ACM Sigmod Record, 45(2), 17–22.
- Wang, Z., Xiao, Y., Peng, L., Zhang, Z., Li, X., Xue, Y., Zhang, J., & Zhang, J. (2023). Artificial intelligence-based detection and assessment of ascites on CT scans. Expert Systems with Applications, 224, 119979. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2023.119979>
- Wu, Y., Zhang, H., & Li, X. (2023). "Artificial Intelligence in Healthcare: Current Status and Future Directions." Journal of Medical

- Artificial Intelligence, 5(1), 12-25.
<https://doi.org/10.1016/j.jmai.2023.03.004>
- Yadav, V., & Bethard, S. (2018). A Survey on Recent Advances in Named Entity Recognition from Deep Learning models. *Proceedings of the 27th International Conference on Computational Linguistics*, 59(1), 2145–2158.
<https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2011.10.003>
- Yasin, M., Sarıgül, M., & Avci, M. (2024). Logarithmic Learning Differential Convolutional Neural Network. *Neural Networks*, 172, 106114. <https://doi.org/10.1016/J.NEUNET.2024.106114>
- Yulianti, E., Pangestu, N., & Jiwanggi, M. A. (2023). Enhanced TextRank using weighted word embedding for text summarization. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 13(5), 5472. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i5.pp5472-5482>
- Zambetta, E., Razakamanana, N., Robert, A., Clanché, F., Rivera, C., Martin, D., Hebbache, Z., Flicoteaux, R., & Coudin, E. (2024). Combining deep neural networks, a rule-based expert system and targeted manual coding for ICD-10 coding causes of death of French death certificates from 2018 to 2019. *International Journal of Medical Informatics*, 188, 105462.
<https://doi.org/10.1016/J.IJMEDINF.2024.105462>
- Zarifhonarvar, A. (2023). Economics of ChatGPT: A Labor Market View on the Occupational Impact of Artificial Intelligence. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4350925>
- Zhang, Q., Wang, L., & Chen, X. (2022). "Artificial Intelligence in Transportation: Opportunities and Challenges." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 136, 103211.
<https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103211>
- Zhang, Q., Wang, L., & Chen, X. (2023). "Opportunities in AI for Industrial Transformation: Improving Efficiency and Productivity." *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(2), 110-125.
<https://doi.org/10.1016/j.jiem.2023.03.002>
- Zhang, Y., Wu, M., Tian, G. Y., Zhang, G., & Lu, J. (2021). Ethics and privacy of artificial intelligence: Understandings from bibliometrics. In *Knowledge-Based Systems* (Vol. 222). <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.106994>

Zhu, Y., Samajdar, A., Mattina, M., & Whatmough, P. (2018). Euphrates: Algorithm-SoC Co-Design for Low-Power Mobile Continuous Vision. 2018 ACM/IEEE 45th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA), 547-560. <https://doi.org/10.1109/ISCA.2018.00052>

BIODATA PENULIS



Dr. Abdillah Munawir, M.Si. lahir di Raha Provinsi Sulawesi Tenggara. Meraih gelar Sarjana pada tahun 2010 pada jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Haluoleo Kendari dan menyelesaikan pendidikan Magister pada Bidang Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Di Lanjutkan Studi S3 Doktoral di Institut Pertanian Bogor (IPB University) pada bidang Keahlian Pengelolaan Lingkungan, Climate Change, Fluks Energi, Evapotranspirasi dan Pemodelan Pengelolaan Lingkungan dan Sumberdaya Alam. Saat ini, Penulis Mengajar di Magister Studi Lingkungan, Sekolah Pascasarjana (SPs) Universitas Terbuka Pondok Cabe Tangerang Selatan. Beberapa hasil karya ilmiah Scopus Internasional Confrence Climate Change dan Analisis System antara lain; 'SEBAL Model to Estimate Biophysics and Energy Flux Variable: Availability of Evapotranspiration Distribution Using Remote Sensing in Lore Lindu National Park'; 'Dynamics factors that affect the land use change in the Lore Lindu National Park, Indonesia'; dan Scopus Journal of Ecological Engineering SJR 0.320 dengan judul 'New Built Land Threat of Martapura River: Implementation of Environmental Sustainability in Banjarmasin City, South Kalimantan, Indonesia" dan judul jurnal scopus lainnya "Ozone Method Recycling Domestic Waste To Prevent Waste Water Pollution". Penulis juga merupakan salah seorang trainer Aplikasi Software Penelitian dan Penunjang Keputusan, khususnya pada bidang Analisis Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Keahlian Software Analisis : SEBAL (Surface Energi Balance Algorithm For Land), Analytical Hierarchy Process (AHP), RAPS Analysis (Pembangunan Berkelanjutan), Interpretativ Structural Modeling (ISM), Prospektif Analysis (PA), Pemodelan System (Powersim), Principal Component Analysis (PCA) dan Teknik Analysis Sistem Lainnya. Email yang dapat dihubungi adalah abdillahmunawir@ecampus.ut.ac.id.



La Ode Muhammad Rauda Agus Udaya Manarfa lahir di Gelora (Jakarta Pusat) pada tanggal 18 November 1984. Menempuh pendidikan Sarjana pada Program Studi Sosiologi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Dayanu Ikhsanuddin (UNIDAYAN) tahun 2008. Menyelesaikan pendidikan Magister pada Program Studi Ilmu Administrasi Negara, Program Pascasarjana, Universitas Dayanu Ikhsanuddin (UNIDAYAN)

tahun 2012. Mengenyam pendidikan Doktor pada Program Studi Sosiologi Pedesaan Fakultas Ekologi Manusia Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2013 - 2020. Penulis bekerja sebagai Dosen pada Program Studi Sosiologi Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Dayanu Ikhsanuddin (UNIDAYAN) Baubau. Email laodemraudaamanarfa@unidayan.ac.id dan rauda.ode@gmail.com

Telah menghasilkan karya ilmiah dalam bentuk artikel maupun buku, antara lain: [1] Artike berjudul *Pemikiran Soekarno Tentang Pemuda dan Perubahan Sosial* (2010), dipublikasikan pada Jurnal Akademika UNIDAYAN, Volume 7, Edisi September 2010; [2] Artikel berjudul *Strategi Nafkah Dan Pola Pengambilan Keputusan Rumah Tangga Pengrajin Gula Kelapa Studi Di Desa Ujung Genteng Kecamatan Ciracap Kabupaten Sukabumi Jawa Barat* (2015), dipublikasikan pada Sodality Jurnal Sosiologi Pedesaan, Volume 3, Edisi 3; [3]. Artikel berjudul *The Order of the City Three Fortresses Adjacent to the Sultanate of Buton in the Local Culture-Based Hilly Landscape of Baubau City of Southeast Sulawesi* (2023), dipublikasikan pada Jurnal GMPI Conference Series, Volume 2, Edisi Januari 2023; [4] Artikel berjudul *Teori Diskursus dan Konseptualisasi Diskursus Lingkungan* (2023), dipublikasikan pada Jurnal Noken: Ilmu-Ilmu Sosial, Volume 8, Edisi Juni 2023; [5] Artikel berjudul *Analisis Perbandingan Total Fertility Rate (TFR) Indonesia dari Masa ke Masa (Periode 1971 – 2012)* (2023), dipublikasikan pada Jurnal Sosiologi Miabhari, Volume 1, Edisi 1; [6] Buku berjudul *Komunikasi Sosial Pembangunan Terpadu* (2023), dipublikasikan oleh Tohar Media; [7] Buku berjudul *Teori Sosiologi* (2024), dipublikasikan oleh Eureka; [8] Buku berjudul *Perekonomian Indonesia Dalam Konteks Multisektor* (2024), dipublikasikan



Naili Suri Intizhami, S.Kom., M.Kom. lahir di Ujung Pandang pada tanggal 8 Maret 1995. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar (UINAM) tahun 2017. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia (UI) tahun 2020. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar Dosen di Program Studi Ilmu Komputer, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie tahun 2022-sekarang.

Penulis aktif mengikuti seminar, mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi; Penulis memiliki hak cipta nasional No EC00202204106 dengan judul “Aplikasi Deteksi Banjir pada Video Tangkapan UAV dengan Segmentasi Semantik”.



Mardhiyyah Rafrin, ST., M.Sc lahir di Enrekang, Sulawesi Selatan, 21 September 1990. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin tahun 2013 dan Program *Master of Computer Science* di University of Southampton, Inggris tahun 2018 dengan beasiswa LPDP. Saat ini penulis aktif bekerja di Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie

sebagai dosen pengajar pada Prodi Ilmu Komputer. Penulis juga aktif dalam melakukan penelitian kecerdasan buatan khususnya penggunaan algoritma *machine learning* untuk pertanian cerdas di Sulawesi Selatan.



Eka Qadri Nuranti B, S.Kom., M.Kom. lahir di Ujung Pandang pada tanggal 8 Februari 1995. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia (UI) tahun 2016. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia (UI) tahun 2021. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar Dosen di Program Studi Ilmu Komputer, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Bacharuddin Jusuf Habibie tahun 2022-sekarang.

Saat ini penulis fokus pada kegiatan tridharma perguruan tinggi, salah satunya menjadi pengampuh mata kuliah kecerdasan buatan. Penelitian penulis terutama berfokus pada pengembangan Law AI di Indonesia, dengan penekanan pada implementasi dokumen putusan pengadilan. Kontribusi penulis juga dituangkan dalam startup yang sementara masih mencari jati dirinya dalam bidang hukum dan kecerdasan buatan yaitu hukumnesia.id yang dapat diakses melalui Instagram. Dengan kolaborasi antara akademik dan praktisi hukum, penulis berharap dapat memberikan solusi inovatif dan terjangkau bagi masyarakat dalam menyelesaikan berbagai masalah hukum.



Ir. Fahmy Ferdian Dalimarta, M.T., IPP. mendapatkan gelar Sarjana Teknik Telekomunikasi dari Sekolah Tinggi Teknologi Telkom (sekarang Universitas Telkom), Bandung - Indonesia pada tahun 2008. Penulis meraih gelar Magister Teknik Elektro dari Universitas Mercu Buana, Jakarta - Indonesia pada tahun 2014. Pada tahun 2024, penulis memperoleh gelar profesional insinyur dari Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta - Indonesia. Saat ini, penulis

menjabat sebagai Kepala Departemen Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Tegal - Indonesia, dan saat ini sedang menempuh studi doctoral di Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang, Indonesia. Minat penelitiannya meliputi rekayasa perangkat lunak, kecerdasan buatan, teknik elektro, visi komputer, dan pendidikan anak usia dini. Dapat dihubungi melalui email pribadi: ff.dalimarta@gmail.com



Iis Hamsir Ayub Wahab, lahir di Cirebon pada tanggal 21 Oktober 1976. Penulis menyelesaikan pendidikan Doktoral pada Program Studi Ilmu Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada tahun 2015. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Khairun dengan mata kuliah yang diampu

antara lain Dasar Kecerdasan Buatan dan Kecerdasan Buatan Lanjut.



Cindy Puspitafuri, S.Si, M.T lahir di Balikpapan pada tanggal 24 Januari 1985. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo (UHO) Tahun 2007. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Manajemen Rekayasa Sistem Informasi Pascasarjana Universitas Haluoleo (UHO) Tahun 2020.

Penulis bekerja sebagai ASN Fungsional Peneliti pada Badan Riset dan Inovasi Daerah Provinsi Sulawesi Tenggara. Penulis aktif mengikuti seminar, mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi.



Dr. La Ode Mahmud, S.Si, M.Si lahir di Lagole (Wakatobi) pada tanggal 12 Februari 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo (UHO) tahun 2010. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Manajemen, Program Pascasarjana Universitas Halu Oleh (UHO) tahun 2013. Pendidikan Program Doktor selesai pada tahun 2022 di Program Doktor Ilmu

Manajemen Universitas Halu Oleh (UHO) melalui program Beasiswa Program Pascasarjan Dalam Negeri (BPP-DN). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di Program Studi Administrasi Bisnis, FISIP Universitas Halu Oleo tahun 2015-2023, kemudian diterima menjadi ASN-PPPK di Universitas Halu Oleo pada Desember 2023-sekarang. Penulis aktif mengikuti seminar, mempublikasi artikel pada jurnal internasional.



Nur Ikhsan, S.Pi., M.Si lahir di Bau-Bau, 21 April 1990. Penulis menempuh program SI program studi Manajemen Sumberdaya Perairan (MSP) di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Universitas Halu Oleo (UHO) Kendari sejak 2008 dan lulus 4 tahun berikutnya. Karir pertama dimulai di tahun 2012-2013 dengan menjadi staf administrasi dan asisten dosen mata kuliah Avertebrata Air dan Olahraga Air di FPIK UHO. Pada tahun 2013 akhir Penulis melanjutkan studi S2 di Institut Pertanian Bogor (IPB) pada program studi Ilmu Kelautan (IKL) pada tahun 2013 dan lulus 2 tahun berikutnya. Penulis kembali ke FPIK UHO untuk menjadi Dosen Tetap di FPIK UHO Jurusan Ilmu Kelautan pada tahun 2016-2017. Selanjutnya pada tahun 2017-sekarang menjadi Dosen Tetap di Akademi Komunitas Kelautan dan Perikanan (AKKP) Wakatobi. Selama mengabdikan di AKKP penulis pernah mendapat kepercayaan menjadi Ketua Program Studi Ekowisata Bahari, Kepala Unit Sertifikasi, Pembina Kerohanian Taruna, Kepala Laboratorium Ekologi Pesisir dan Laut, dan Kepala Pusat Pembinaan Karakter Taruna.

Artificial Intelligence: A Comprehensive Guide to Modern AI

Buku ini menyajikan pengantar lengkap tentang kecerdasan buatan, mengulas sejarah perkembangannya dari awal hingga era modern. Mulai dari konsep dasar hingga aplikasi canggih seperti neural networks dan deep learning, pembaca dibimbing melalui teknologi-teknologi inti yang membentuk AI saat ini. Algoritma pencarian heuristik dijelaskan sebagai salah satu pendekatan penting dalam menyelesaikan masalah kompleks.

Selanjutnya, buku ini membahas pengolahan bahasa alami dan penglihatan komputer, memperkenalkan pembaca pada cara AI memahami dan berinteraksi dengan dunia melalui kata-kata dan gambar. Penerapan AI dalam robotik juga diperkenalkan, menjelaskan bagaimana kecerdasan buatan mengubah industri dan kehidupan sehari-hari.

Tidak hanya membahas teknis, buku ini juga menyoroti aspek etika dalam pengembangan dan penerapan AI, serta tantangan dan isu-isu yang muncul seiring dengan kemajuan teknologi ini. Akhirnya, pembaca diajak untuk merenungkan masa depan AI, termasuk potensi dan dampaknya di berbagai bidang kehidupan manusia. Artificial Intelligence: A Comprehensive Guide to Modern AI menjadi panduan yang lengkap dan mendalam bagi siapa saja yang ingin memahami fenomena yang mengubah dunia ini.



Penerbit KAMIYA JAYA AQUATIC
RT 008 RW 003 Kelurahan Fitu, Kecamatan Ternate Selatan,
Kota Ternate, Maluku Utara
Telp. : 0812-2279-3284
Email : kamiyajayaaquatic@gmail.com
Website : <https://kjaquatic.com/>

